

Министерство природных ресурсов и экологии РФ
Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу
окружающей среды



Государственный научный центр РФ
Арктический и антарктический научно-
исследовательский институт

ОБЗОР

гидрометеорологических процессов в Северном Ледовитом океане

II квартал 2018



**СОДЕРЖАНИЕ**

СОДЕРЖАНИЕ.....	2
ВВЕДЕНИЕ.....	3
1. Метеорологические условия над Северной полярной областью в апреле - июне 2018 г.	4
1.1. Мониторинг крупномасштабных атмосферных процессов в полярном районе Северного полушария.....	4
1.2 Мониторинг метеорологических параметров в Северной полярной области.....	20
2 Ледовые условия и процессы в Северном Ледовитом океане и его морях в апреле-июне 2018 г.	30
2.1 Развитие ледовых условий за период апрель-июнь.....	30
2.2. Ледово-гидрологические процессы в устьевых областях рек в весенний период	46
3 Гидрологические и гидрохимические условия Северного Ледовитого океана и его морей в 2018 г.	52
3.1. Термохалинные условия	52
3.2 Уровень арктических морей	55
3.3 Ветровое волнение на акватории арктических морей во 2 квартале 2018 г.	61



ВВЕДЕНИЕ

Настоящий обзор содержит описание особенностей развития метеорологических, ледовых и гидрологических процессов в Северном Ледовитом океане и его морях в первом квартале (январь-март) 2018 года. Фактическая информация для составления обзора получена по данным государственной наблюдательной сети, центров приема спутниковой информации Росгидромета, ледовой базы «Мыс Баранова», проектов ВМО и экспедиционных исследований, проводимых в рамках национальных программ и международных проектов российскими и зарубежными организациями. Обзор продолжает серию ежеквартальных обзоров, описывающих развитие метеорологических, ледовых и гидрологических процессов в Северном Ледовитом океане в прошедшем квартале текущего года.

В составлении обзора принимали участие ведущие специалисты ФГБУ «ААНИИ».

Метеорологический раздел, посвящен описанию особенностей развития крупномасштабных метеорологических процессов и изменчивости различных метеорологических элементов. В составлении раздела принимали участие специалисты лабораторий метеорологии (ответственный – зав. лабораторией к.г.н. Радионов В.Ф.) и долгосрочных метеорологических прогнозов (ответственный – зав. лабораторией к.г.н. Иванов В.В.).

Ледовый раздел посвящен описанию развития ледяного покрова и особенностям ледовых явлений в океане, арктических морях и устьевых областях основных арктических рек. Основой для такого анализа послужили данные спутникового мониторинга, полярных станций системы Росгидромета, экспедиционные наблюдения на судах и дрейфующих станциях и архивные климатические данные. В составлении раздела принимали участие специалисты отдела ледового режима и прогнозов (ответственные - зав. лабораторией. к.г.н. Юлин А.В., зав. лабораторией. к.г.н. Смоляницкий В.М.).

Гидрологический раздел посвящен описанию гидрологических и гидрохимических условия в Северном Ледовитом океане и его морях. В составлении раздела принимали участие специалисты отдела океанологии (ответственный – зав. отделом к.ф.-м.н. Фильчук К.В.).

Общее руководство и редакция обзора была выполнена научным руководителем ФГБУ «ААНИИ» чл.-кор. РАН, д.г.н. Фроловым И.Е. Подготовку и оформление обзора осуществляли вед. инженер отдела ледового режима и прогнозов Сороко С.О и науч.сотр. Павлова Е.А.

Обзор предназначен для широкого круга специалистов, занимающихся изучением природной среды Арктики и осуществляющих хозяйственную деятельность в этом регионе.



1. Метеорологические условия над Северной полярной областью в апреле - июне 2018 г.

1.1. Мониторинг крупномасштабных атмосферных процессов в полярном районе Северного полушария

В данном разделе приводятся основные результаты мониторинга атмосферных процессов различного пространственно-временного масштаба и метеорологических условий в полярном районе Северного полушария за период с апреля по июнь 2018 г.

Анализ и оценка тенденций развития процессов в первом квартале проводился с учетом процессов за предшествующий период январь – март 2018 г., особенности которого более подробно были представлены ранее.

При анализе и диагнозе крупномасштабных процессов учитывались основные элементы ОЦА: местоположение центра планетарного циркумполярного вихря изобарической поверхности 500 гПа, географическая ориентация планетарной фронтальной зоны, состояние длинных термобарических волн, развитие стационарных циклонов и антициклонов (центров действия атмосферы) и траектории фронтальных циклонов и антициклонов.

Оценка пространственно-временной изменчивости процессов производилась средствами комплексного аэросиноптического анализа термобарических полей в толще тропосферы путем выделения квазиоднородных циркуляционных периодов с однонаправленным развитием крупномасштабных процессов по классификации Г.Я. Вангенгейма – А.А. Гирса. Формы (атлантико-евразийский сектор) и типы (тихоокеано-американском сектор) отражают основные состояния атмосферы в двух секторах северного полушария.

Каждая из форм и типов имеет ряд разновидностей, отражающих возможные варианты перестроек от одного макропроцесса к другому. Разновидности макропроцессов на полушарии имеют значимые различия в направленности крупномасштабных атмосферных процессов, состоянии и пространственной локализации основных центров действия атмосферы. При этом для каждой из разновидностей характерна географическая ориентация основных блокирующих гребней антициклонов, влияющих на более высокоширотные или более низкоширотные по сравнению с нормой траектории циклонов в Арктику в системах исландского и алеутского минимумов.

Реальное состояние крупномасштабной циркуляции в атмосфере и метеорологические условия в полярном районе Арктики каждого конкретного года существенно отличаются друг от друга и от среднего многолетнего состояния (нормы), что указывает на существование большого числа вариантов конкретных реализаций ОЦА



в отдельных локальных районах Арктики. Несмотря на сложность взаимосвязей между элементами макроструктуры, множественность их возможных состояний и сочетаний, в эволюции макросиноптических процессов всегда имеется возможность выявить ряд существенных особенностей, определяющих тенденцию их развития.

В результате мониторинга процессов различного пространственно-временного масштаба с апреля по июнь 2018 г. были выявлены следующие особенности их развития.

Фоновые особенности развития крупномасштабных атмосферных процессов за второй квартал 2018 г. представлены в виде среднемесячных значений числа дней с основными формами и типами циркуляции по классификации Г.Я. Вангенгейма и А.А. Гирса и карт средних полей геопотенциала изобарической поверхности 500 гПа, приземного давления и температуры воздуха и их аномалий.

Таблица. 1.1

Значения числа дней с формами и типами циркуляции и их отклонения от нормы в период апрель – июнь 2018 г.

Показатель	Индексы циркуляции атмосферы					
	Форма			Тип		
	W	С	Е	З	М ₁	М ₂
Число дней	16	30	45	8	67	16
Аномалия	-12	1	11	-20	34	-14

В период апрель – июнь 2018 г. атмосферные процессы в Северной полярной области развивались на аномально повышенной повторяемости в первом секторе процессов восточной (Е) форм циркуляции. Процессы данных форм составили 45 дней и превысили норму на 11 дней. Процессы меридиональной (С) формы близки к многолетней норме.

Во втором секторе более высокую повторяемость имели меридиональные процессы типа М₁. Данные процессы отмечались 57 дней, что выше нормы на 34 дня.

Анализ процессов показал, что в апреле-июне 2018 г. выделяется ряд естественных стадий с однонаправленным развитием крупномасштабных атмосферных процессов. Ход среднемесячных аномалий числа дней с основными формами и типами циркуляции атмосферы в период с апреля по июнь 2018 г. представлен на рисунке 1.1.

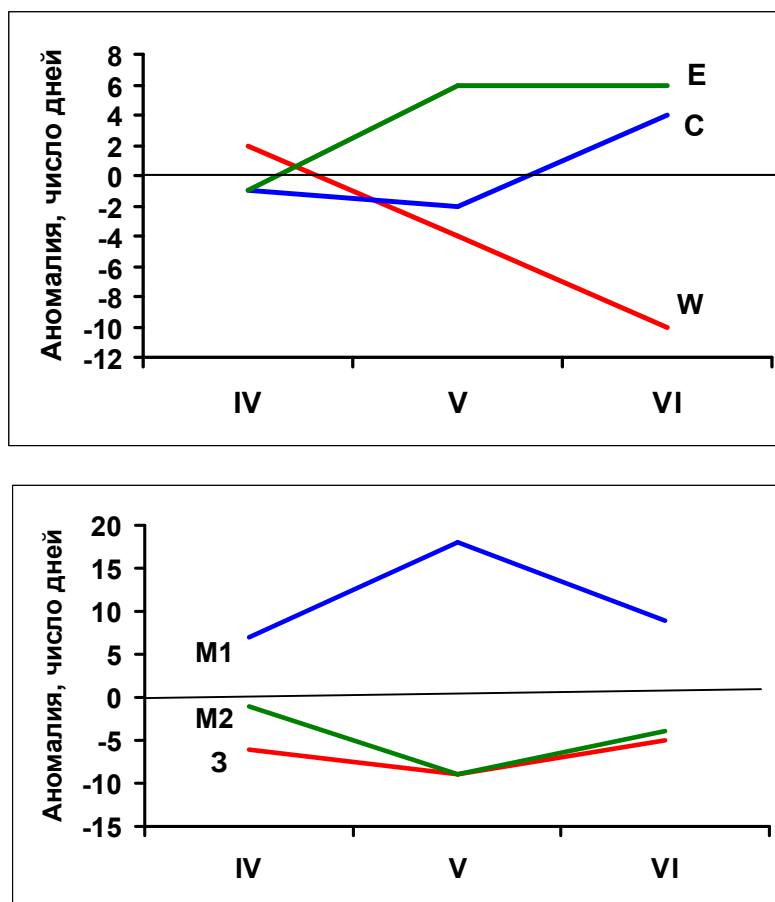


Рис. 1.1. Ход среднемесячных аномалий числа дней с основными формами и типами циркуляции атмосферы в период апрель – июнь 2018 г.

W – западная форма, E – восточная форма, C – меридиональная форма, 3 – зональный тип, M1 – первый меридиональный тип, M1 – второй меридиональный тип

Схема развития и перестройки крупномасштабных атмосферных процессов в Северном полушарии с апреля по июнь 2018 г. выглядит следующим образом:

Апрель – W_{M1} → Май - E_{M1} → Июнь ($E+C$) $_{M1}$

Отмеченные тенденции в перестройках крупномасштабные атмосферных процессов Северного полушария нашли свое отражение в изменении метеорологических условий каждого месяца в полярном районе Арктики.

Тенденции изменения давления от месяца к месяцу в полярном районе представлены на рисунке 1.2, отдельно для европейского и американского секторов Арктики.

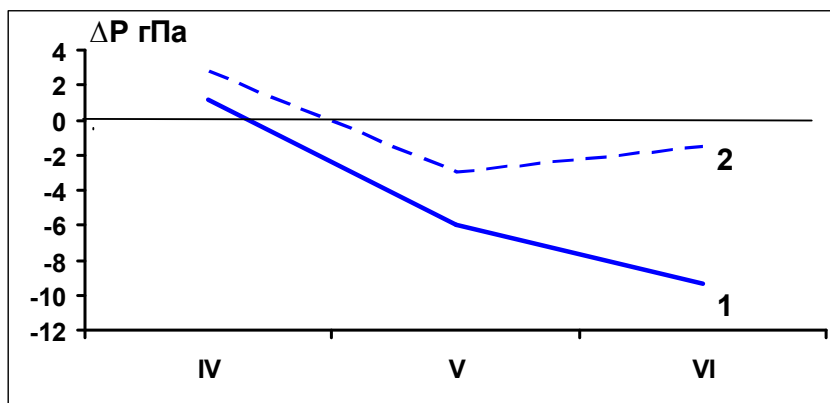


Рис. 1.2. Значения аномалий давления (гПа) в апреле-июне 2018 г. европейском (1) и американском (2) секторах полярного района Арктики.

В апреле под влиянием арктического антициклона отмечался фон давления с положительными аномалиями давления. В дальнейшем при усилении циклонической деятельности в полярном районе, связанной с высокоширотными траекториями циклонов в системах исландского и алеутского минимумов, преобладали в двух секторах Арктики отрицательные аномалии давления.

Изменения в апреле – июне 2018 г. среднемесячных значений аномалий температуры по полярному району представлены на рис. 1.3.

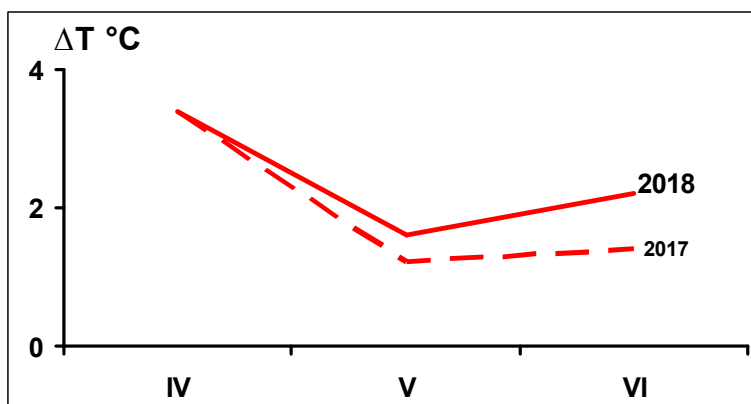


Рис.1.3. Средние месячные аномалии температуры воздуха (°C) в широтном поясе 70 – 85° с.ш. в апреле – июне 2017 и 2018 гг.

Во все месяцы второго квартала в целом над полярным районом фон температуры был выше нормы. По сравнению с прошлым годом фон с положительными аномалиями температуры повысился.



Как было показано, тенденция к повышению температурного фона в этом году во втором квартале была обусловлена более высокими траекториями циклонов и при преобладающих воздушных потоках юго-восточных направлений устойчивой адвекцией теплых воздушных масс в полярный район Арктики с теплого континента Азии.

Структурные особенности развития атмосферных процессов во втором квартале 2018 г. проводился по комплексу метеорологических характеристик (основных форм и типов циркуляции и их разновидностей, направлению воздушных потоков, давлению и температуры воздуха и их аномалии) за различные периоды осреднения, как календарные, так и по естественным стадиям перестройки процессов различного временного масштаба.

Более подробно основные особенности развития атмосферных процессов в апреле – июне 2018 г. и их влияние на структуру термобарических полей в отдельных районах Арктики представлены ниже.

Значения приземного давления и температуры представлены в виде полей среднего месячного давления и температуры и их аномалий.

В **апреле 2018 г.** основной центр циркумполярного вихря (ЦПВ) на изобарической поверхности 500 гПа располагался в районе северо-восточной части Карского моря. Полярный район Арктики находился под влиянием высотных гребней с Северной Атлантики и Тихого океана, которые блокировали выходы циклонов в полярный район Арктики (рисунки 1.4, 1.5).

В *первом (атлантико-евразийском) секторе* отмечалась сочетание крупномасштабных атмосферных процессов западной и восточной форм циркуляции.

В полярном районе располагался антициклон с центром над восточным сектором Арктики, гребень которого часто взаимодействовал с гребнем гренландского антициклона. Фон давления в приполюсном районе был ниже нормы на 1 гПа. Циклоны в системе исландского минимума смещались по траекториям близким к норме через акватории Баренцева и Карского морей.

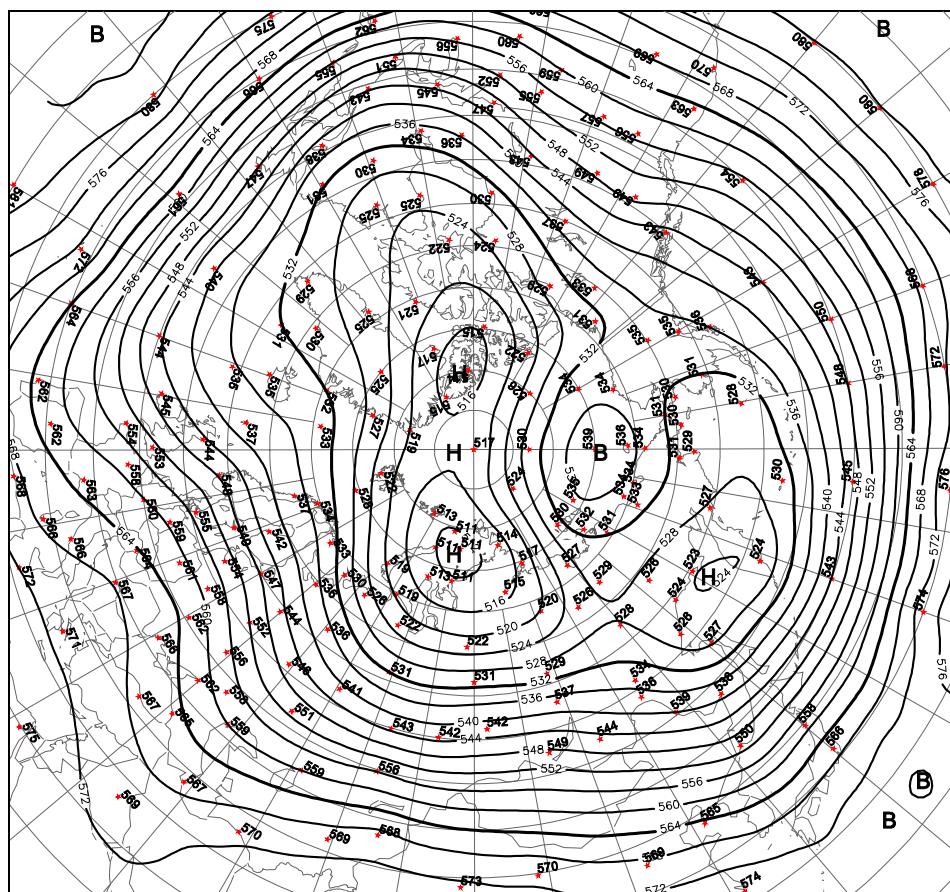


Рис.1.4. Поля среднего геопотенциала (дам) изобарической поверхности 500 гПа в апреле 2018 г.

Под влиянием устойчивой адвекции теплых воздушных масс с континента Евразии в Арктике преобладали положительные аномалии температуры до значений 2-4 °С.

Наиболее крупные положительные аномалии среднемесячной температуры (до 5-6 °С) отмечались в районах Лаптевых и Восточно-Сибирского морей.

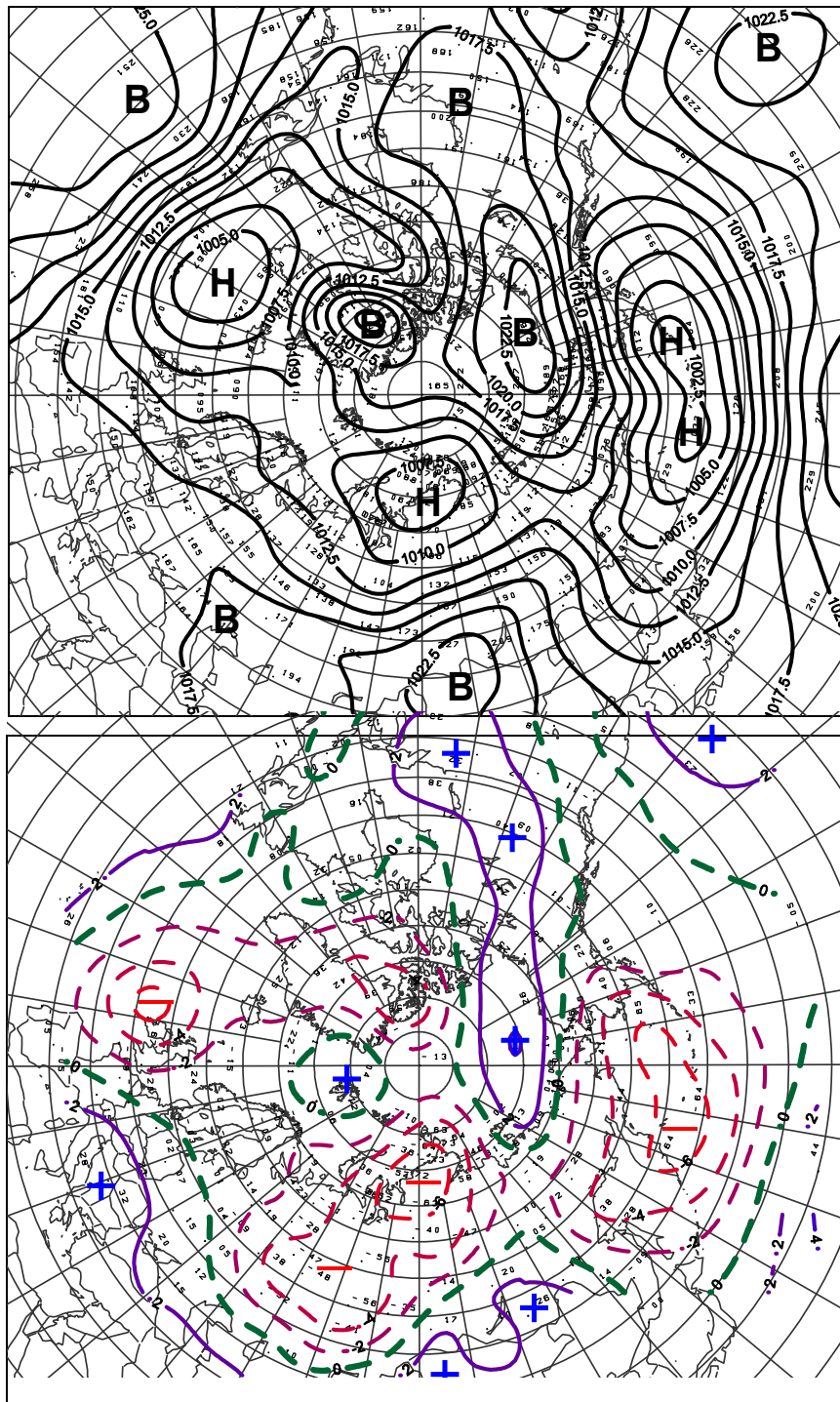


Рис. 1.5. Поле среднего приземного давления (сверху) и его аномалии (снизу) в апреле 2018 г. (гПа)

Во втором (тихоокеано-американском) секторе аномально повышенную повторяемость сохранили крупномасштабные меридиональные процессы типа M_1 . Особенностью процессов данного месяца явилось смещение центра арктического

антициклона из приполюсного в восточный сектор полярного района. Фон давления в данном секторе Арктики был выше нормы на 2-3 гПа.

Под влиянием адвекция теплых воздушных масс с Тихого океана сформировался температурный фон выше нормы. Наиболее крупные положительные аномалии среднемесячной температуры (до 7-8 °С) отмечались в районе Чукотского моря (рисунок 1.6).

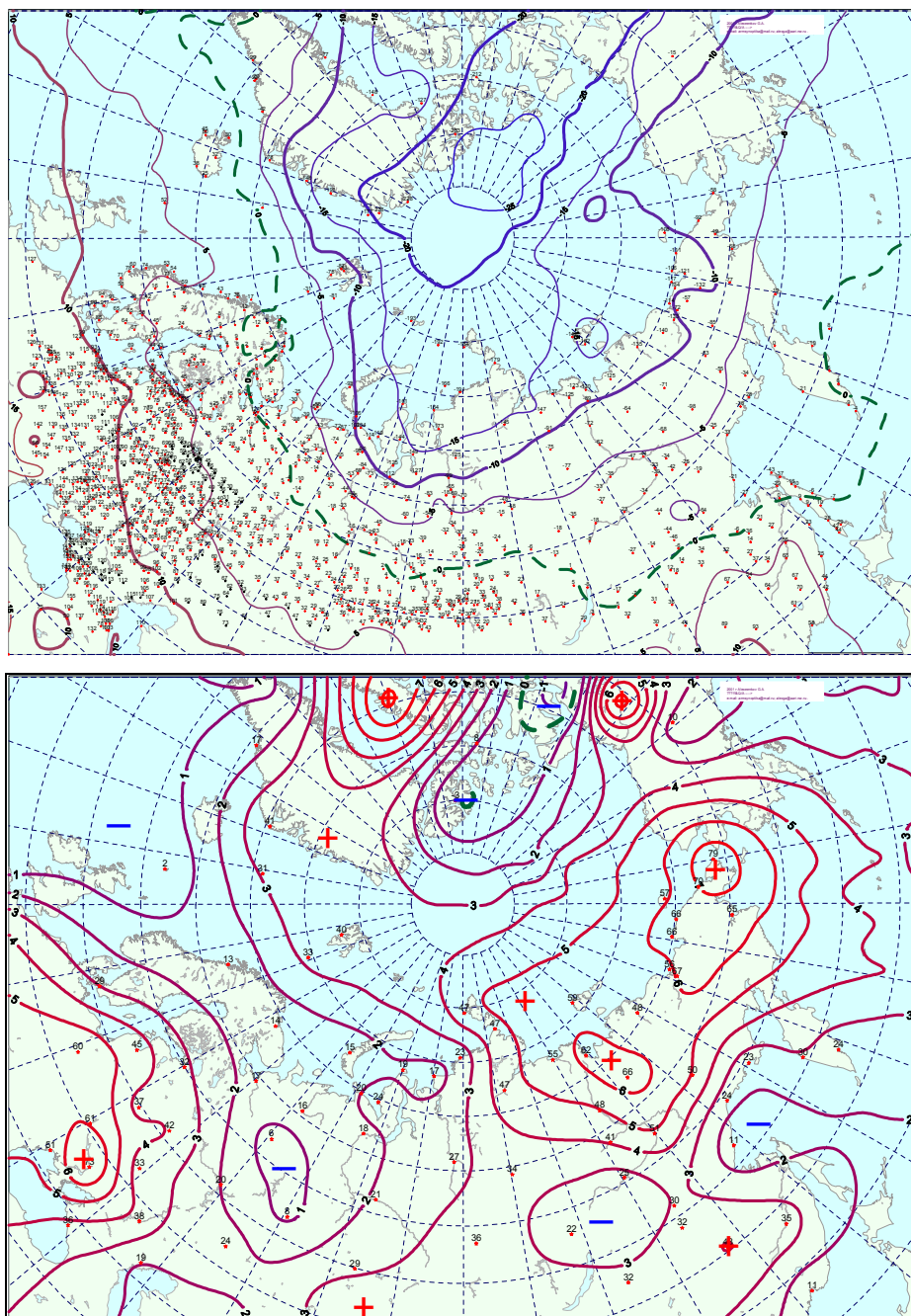


Рис. 1.6. Поле средней месячной приземной температуры воздуха (слева) и аномалии температуры (справа) в апреле 2018 г., (°С)

В мае 2018 г. полярный район находился под влиянием высотных гребней антициклонов, под которыми в приземном поле сформировался антициклон с центром в восточном секторе Арктики. Вследствие этого циркумполярный вихрь на изобарической поверхности 500 гПа имел два центра. Один располагался в район Канады, а второй над районом Таймыра (рисунок 1.7).

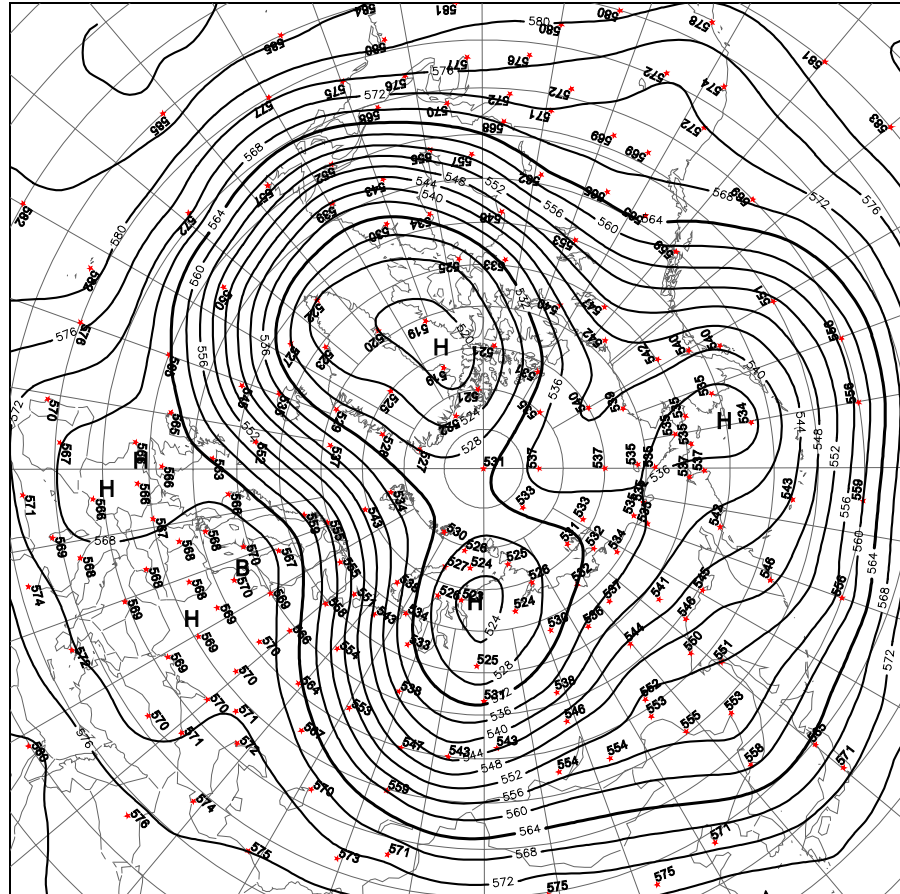


Рис. 1.7. Поля среднего геопотенциала (дам) изобарической поверхности 500 гПа в мае 2018 г.

В первом секторе отмечалось устойчивое развитие процессов восточной формы циркуляции атмосферы. Число дней с данной формы за месяц составило 20 дней, что больше нормы на 8 дней. Под влиянием гребней континентального антициклона циклоны Северной Атлантики смещались в полярный район по высокоширотным траекториям (рисунок 1.8).

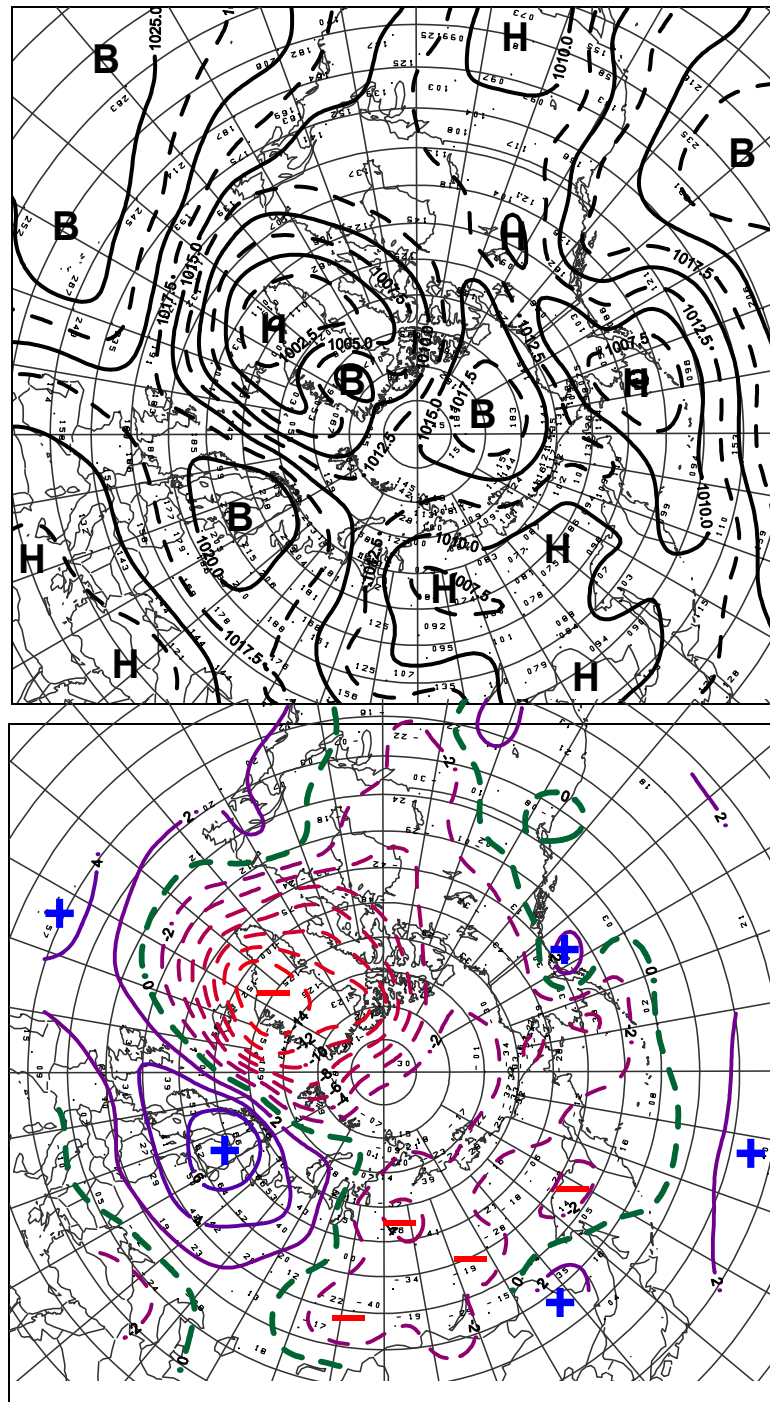


Рис. 1.8. Поле среднего приземного давления (слева) и его аномалии (справа) в мае 2018 г. (гПа)

Фон давления в западном секторе был выше нормы на 6-12 гПа. Воздушные потоки были неустойчивыми по направлению. Фон температуры был выше нормы на 2-6 °С

Во *втором секторе* направленность крупномасштабных атмосферных процессов типа M_1 и основные метеорологические параметры сохранились (рисунок 1.9).

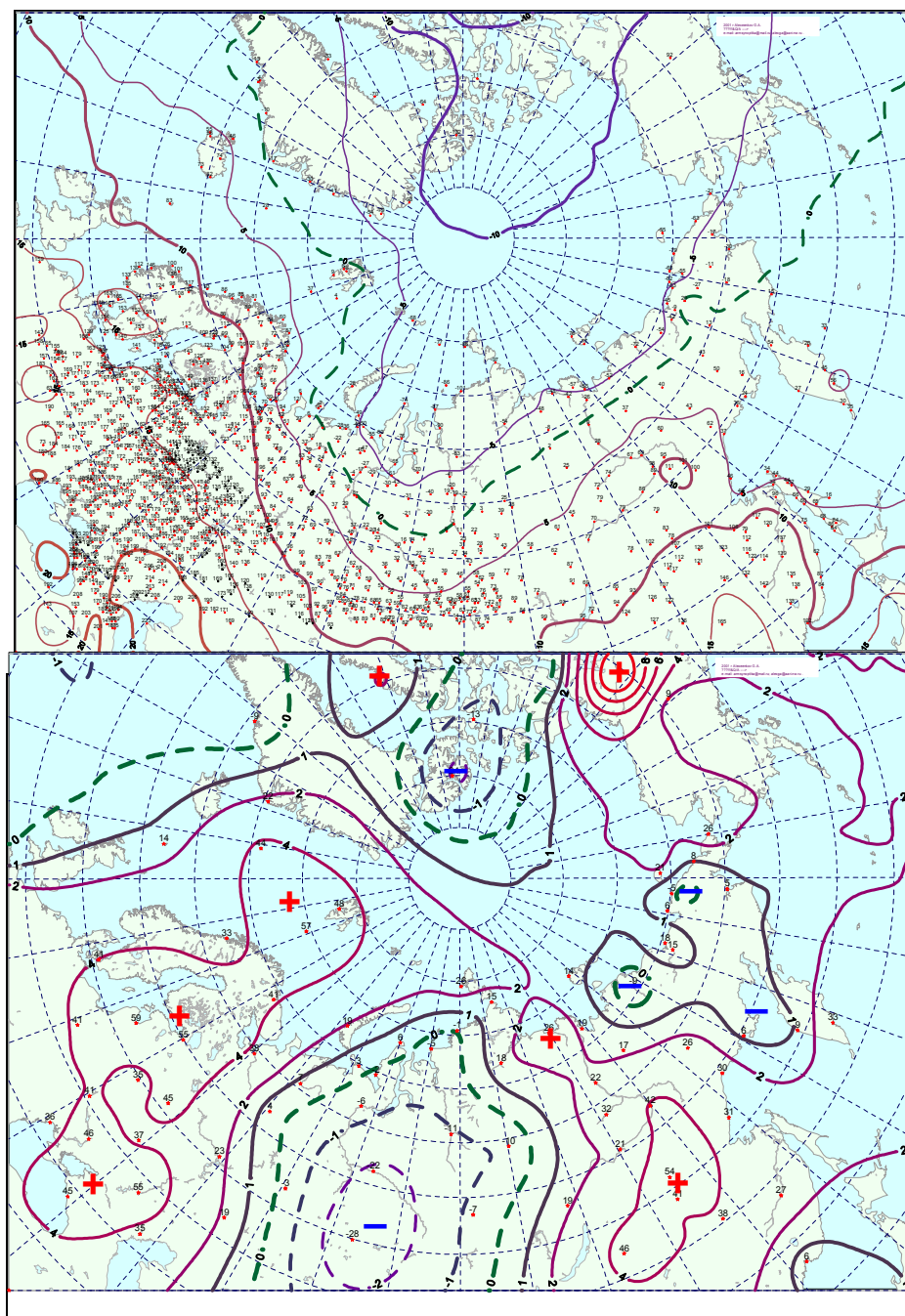


Рис. 1.9. Поле средней месячной приземной температуры воздуха (слева) и аномалии температуры (справа) в мае 2018 г., (°С)

В июне 2018 г. центр циркумполярного вихря находился у северного побережья Гренландии. Основные ложбины ЦПВ были ориентированы на районы Урала, Канады и Берингова моря.

Наиболее часто гребни блокирующие западный перенос воздушных масс в толще тропосферы располагались над Северной Атлантикой, Западной Сибирью и восточной

частью Северной Америки. Отмечалось усиление меридиональной циркуляции воздушных масс над Северным полушарием (рисунок 1.10).

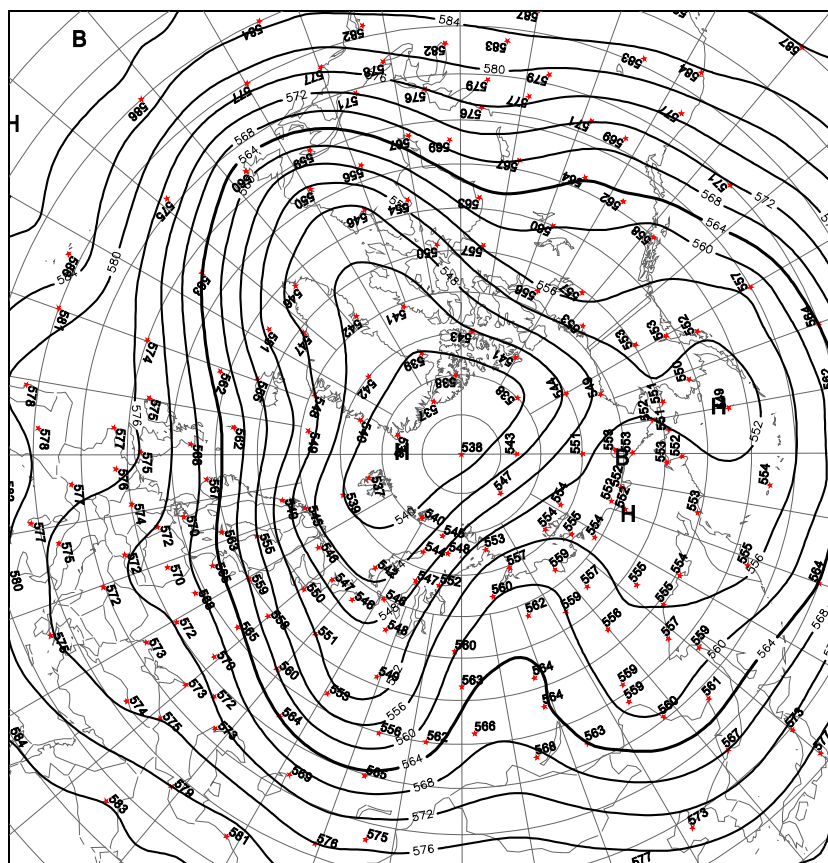


Рис. 1.10. Поля среднего геопотенциала (дам) изобарической поверхности 500 гПа в июне 2018 г.

В *первом секторе* наибольшую повторяемость имели разновидности меридиональных процессов С и Е форм циркуляции.

Циклоны Северной Атлантики чаще, чем в мае, смещались в меридиональном направлении через Баренцево море на район Урала и Западной Сибири. Фон давления в западном секторе сохранился ниже нормы (рисунок 1.11).

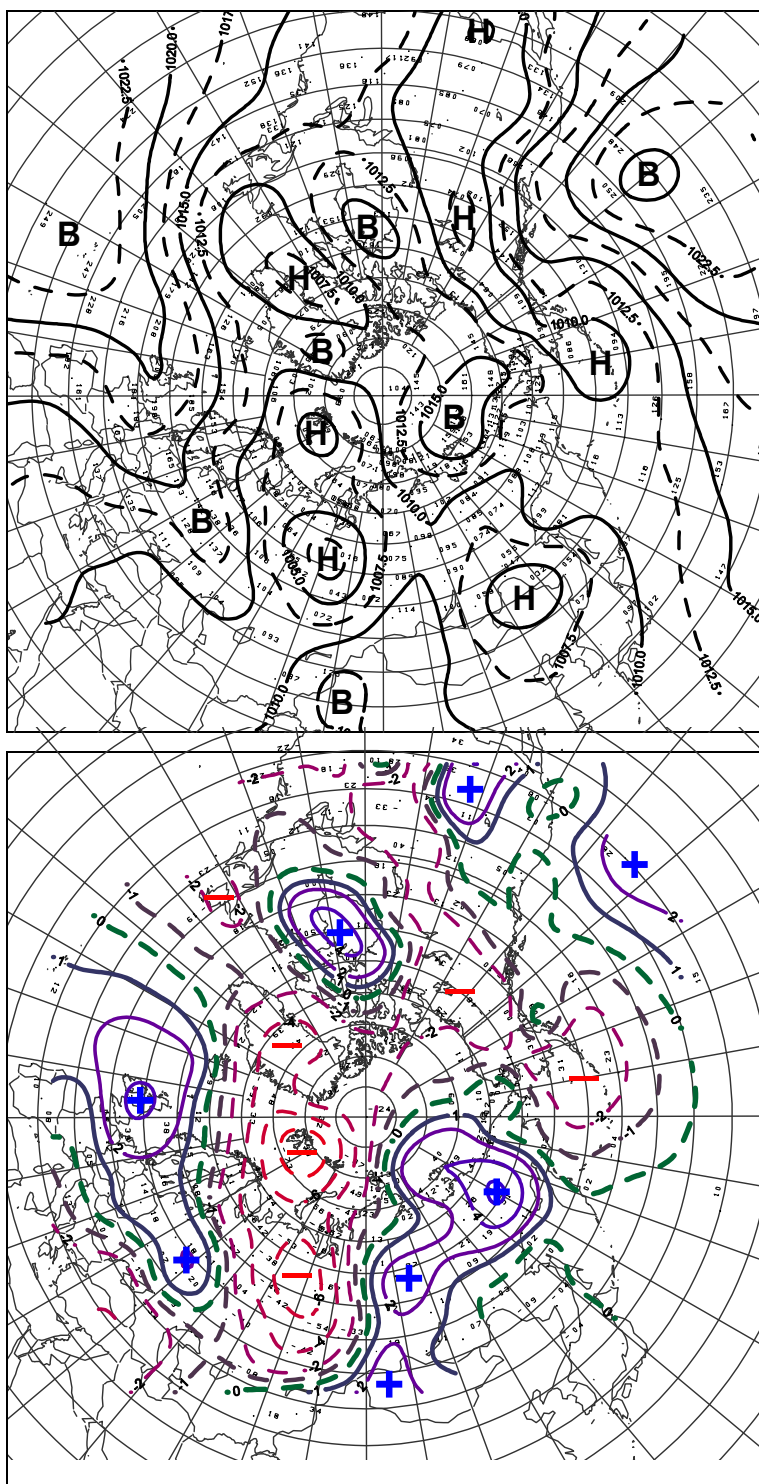


Рис. 1.11. Поле среднего приземного давления (слева) и его аномалии (справа) в июне 2018 г. (гПа)

Под влиянием в тыловой части проходящих циклонов воздушных потоков северных направлений фон температуры, по сравнению с маем, понизился до отрицательных аномалий в Гренландском, Норвежском и Баренцевом морях.

В Карском море в среднем за июнь при преобладающих направлениях южных воздушных потоков отмечались положительные аномалии температуры (2-4 °С)

Во *втором секторе* сохранилось преобладание меридиональных процессов тип M_1 . Циклоны в системе алеутского минимума под влиянием гребня гавайского антициклона смещались по сравнению с нормой по высокоширотным траекториям на западные районы Америки. Фон давления в восточном секторе сохранился ниже нормы.

Воздушные потоки преимущественно юго-восточных направлений обусловили адвекцию теплых воздушных масс и положительные аномалии температуры. За исключением Восточно-Сибирского моря, где под влиянием северных в тыловой части проходящих циклонов сформировались отрицательные аномалии температуры (рисунок 1.12).

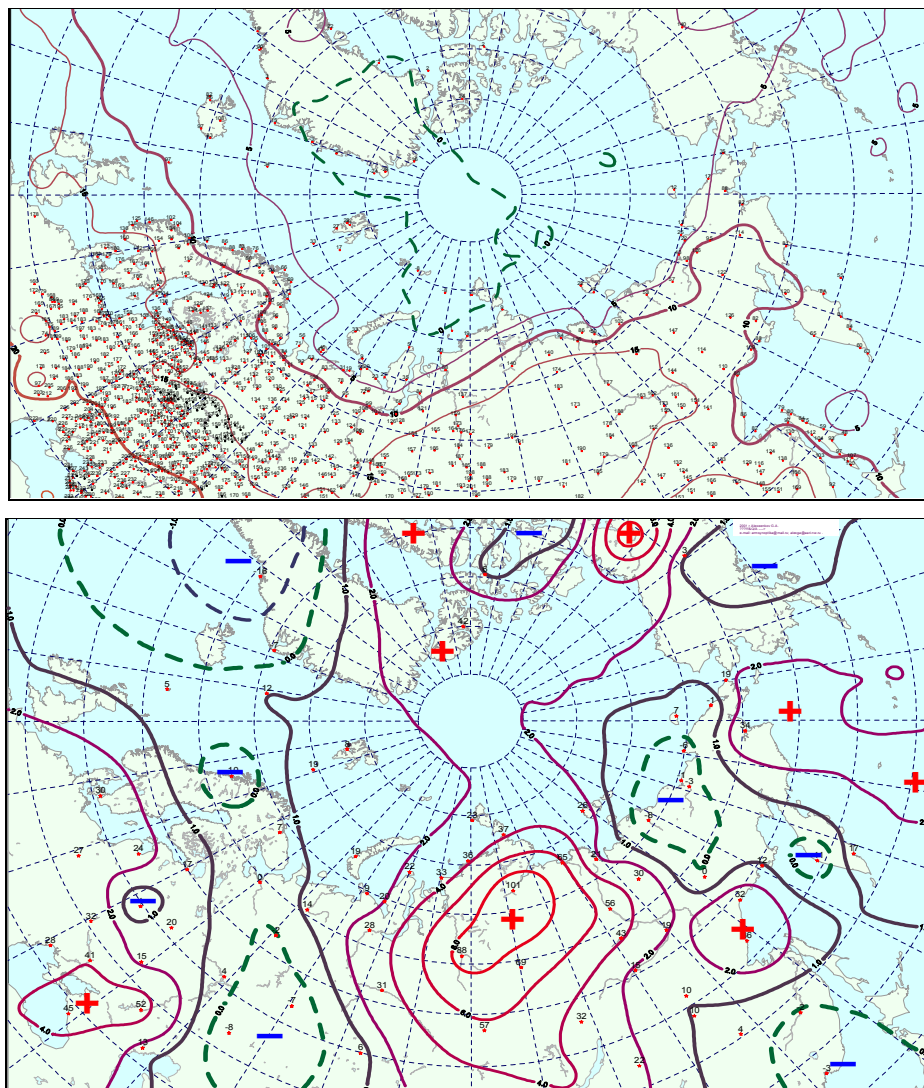


Рис. 1.12. Поле средней месячной приземной температуры воздуха (слева) и аномалии температуры (справа) в июне 2018 г., (°С)

Проведенный анализ развития и перестроек атмосферных процессов показал, что характерный для текущей циркуляционной стадии развития атмосферных процессов высокий температурный фон в целом для полярного района во втором квартале 2018 г. сохранился.

Средние значения аномалий температуры для акваторий морей российской Арктики за второй квартал за текущий 2018 г. и за прошлый 2017 г. приводятся на рисунке 1.13.

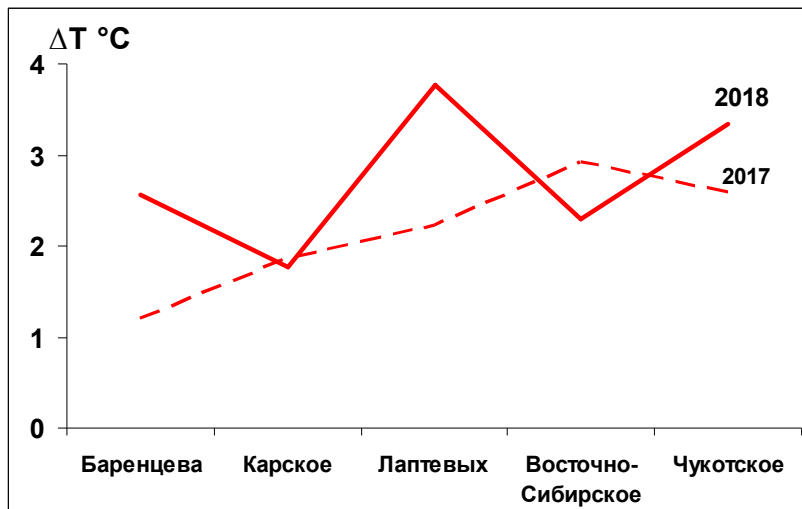


Рис. 1.13. Средние за второй квартал значения аномалий температуры воздуха (°C) по акваториям морей российской Арктики в 2016 и 2017 гг.

Как видно на рис. 1.13, повышение температурного фона во втором квартале этого года отмечено в Баренцевом, Лаптевых и Чукотском морях. В Карском море фон температуры был близок к прошлому году. Тенденция к понижению температурного фона во втором квартале отмечена только в районе Восточно-Сибирского моря.

Анализ структурных особенностей циркуляции атмосферы внутри каждого месяца в апреле - июне 2018 г. проводился по естественным стадиям однонаправленного развития процессов – по 26 разновидностям элементарных синоптических процессов (ЭСП) атлантико-евразийского сектора Северного полушария, процессы которого являются определяющими для перестройки циркуляции атмосферы в полярном районе Арктики.

Анализ показал, что для каждого месяца характерна большая повторяемость перестройки процессов. Переходы от одного ЭСП к другому сопровождались сменой знака барических полей и направления преобладающих воздушных потоков в полярном районе Арктики и были обусловлены крупномасштабной перестройкой разновидностей атмосферных процессов в двух секторах Северного полушария. Основные разновидности



основных форм циркуляции в атлантико-евразийском секторе полушария с типами циркуляции в тихоокеано-американском секторе полушария для каждого ЭСП с апреля по июнь 2018 г. представлены в табл. 1.2.

Таблица 1.2

Каталог макросиноптических процессов по классификации Вангенгейма – Гирса с апреля по июнь 2018 г. с внутримесячной детализацией атмосферных процессов по элементарным синоптическим процессам

Апрель 2018			Май 2018			Июнь 2018		
ЭСП	А-Е	Т-А	ЭСП	А-Е	Т-А	ЭСП	А-Е	Т-А
1-3	W	M ₁	1-4	E	M ₁	1-4	C	M ₁
4-6	W	M ₂	5-6	E	3	5-7	C	3
7-8	C	M ₂	7-8	C	M ₂	8-11	C	M ₁
9-10	W	M ₂	9-13	E	M ₁	12-13	C	M ₂
11-13	E	M ₁	14-17	E	M ₁	14-20	E	M ₁
14-48	E	M ₁	18-20	C	M ₁	21-23	E	M ₁
19-21	C	3	21-25	W	M ₁	24-25	E	M ₁
22-23	C	M ₂	26-28	E	M ₁	26-28	E	M ₁
24-26	W	M ₂	29-31	C	M ₁	29-30	C	M ₁
27-28	E	M ₁						
29-30	E	M ₁						
Итого	W 11 (2) C 7 (-1) E 12 (-1)	3 3 (-6) M ₁ 15 (7) M ₂ 12 (-1)	Итого	W 5 (-4) C 8 (-2) E 18 (6)	3 2 (-9) M ₁ 27 (18) M ₂ 2 (-9)	Итого	W 0 (-10) C 15 (4) E 15 (6)	3 3 (-5) M ₁ 25 (9) M ₂ 2 (-4)

Примечания

1 ЭСП – элементарный синоптический процесс;

2 А-Е – атлантико-европейский сектор полушария;

3 Т-А – тихоокеано-американский сектор полушария.

4 В скобках среднемесячные аномалии числа дней с формами (W, C, E) и типами (3, M₁, M₂) атмосферной циркуляции.

Обобщая данные мониторинга развития и перестроек крупномасштабных атмосферных процессов и характера их проявления в метеорологических условиях полярного района Арктики за период апрель-июнь 2018 г., можно сделать следующие выводы.

1. В период апрель – июнь 2018 г. атмосферные процессы в Северной полярной области развивались на аномально повышенной повторяемости в первом секторе процессов восточной (E) форм циркуляции. Процессы данных форм составили 45 дней и превысили норму на 11 дней. Процессы меридиональной (C) формы близки к многолетней норме.

Во втором секторе более высокую повторяемость имели меридиональные процессы типа M₁. Данные процессы отмечались 57 дней, что выше нормы на 34 дня.

2. В средней тропосфере на изобарической поверхности H₅₀₀ в апреле и мае полярный район Арктики находился под влиянием высотных гребней с Северной



Атлантики и Тихого океана, которые блокировали выходы циклонов в полярный район Арктики. Под высотными гребнями антициклонов в приземном поле сформировался антициклон с центром в восточном секторе Арктики.

В июне произошла крупномасштабная перестройка в направленности атмосферных процессов. Полярный район находился под влиянием ЦПВ, под которым в приземном поле отмечалась наиболее активная циклоническая деятельность.

3. В апреле под влиянием арктического антициклона циклоны смещались преимущественно по низкоширотным траекториям. Фон давления в Арктике преобладал выше нормы. В дальнейшем при усилении циклонической деятельности в полярном районе, связанной с высокоширотными траекториями циклонов в системах исландского и алеутского минимумов, преобладали в Арктике отрицательные аномалии давления.

4. Во все месяцы второго квартала в среднем по полярному району фон температуры был выше нормы. По сравнению с прошлым годом фон с положительными аномалиями температуры повысился.

5. На трассе СМП повышение температурного фона во втором квартале этого года отмечено в Баренцевом, Лаптевых и Чукотском морях. В Карском море фон температуры близок к прошлому году. Тенденция к понижению температурного фона во втором квартале отмечена только в районе Восточно-Сибирского моря.

В целом направленность атмосферных процессов и фоновые метеорологические показатели соответствуют фоновому метеорологическому прогнозу на 2018 г.

1.2 Мониторинг метеорологических параметров в Северной полярной области

В настоящем разделе приводятся оценки изменения температуры воздуха и атмосферных осадков по районам северной полярной области (рисунок 1.14) и арктическим морям. Исходными данными послужили данные наблюдений 250 стационарных метеорологических станций, а также данные, поступавшие с дрейфующих буев МПАБ.

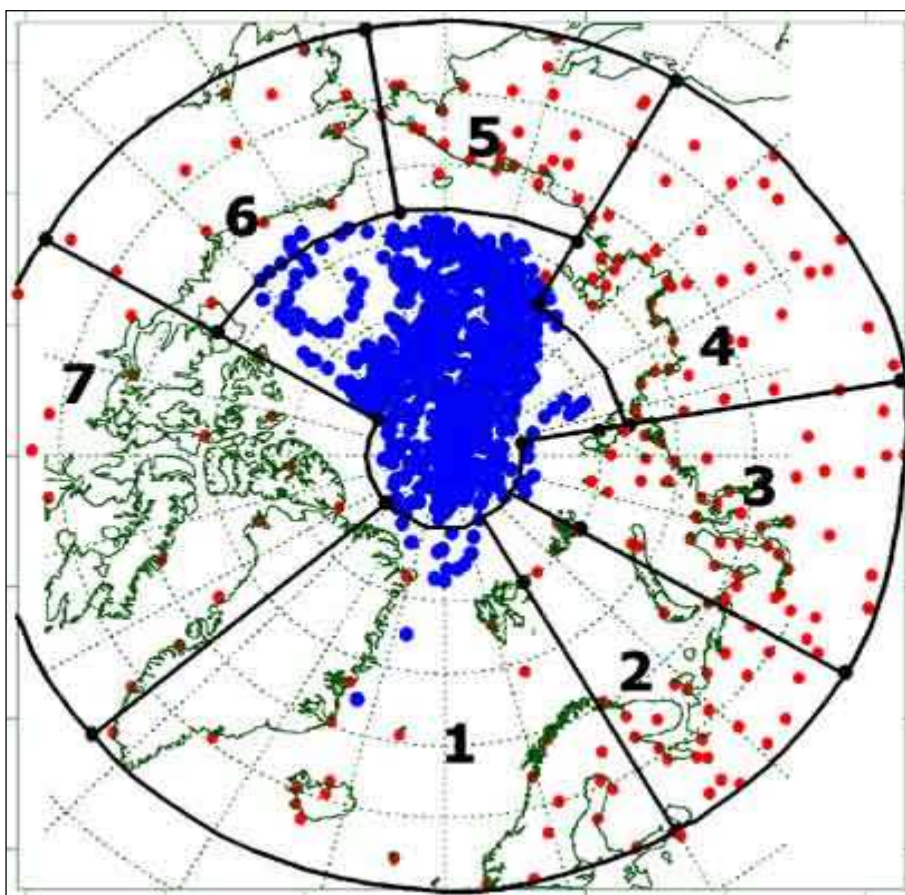


Рис. 1.14. Сеть метеорологических станций и границы районов в северной полярной области

(1 – Атлантический; 2 – Североевропейский; 3 – Западносибирский; 4 – Восточносибирский; 5 – Чукотский; 6 – Аляскинский; 7 – Канадский)

Температура воздуха

Основным методом получения пространственно-осредненных по территории северной полярной области и территориям климатических районов аномалий температуры воздуха является метод оптимальной интерполяции и оптимального осреднения. Приводимые оценки аномалий температуры были получены относительно рекомендованного ВМО стандартного периода 1961-1990 гг. В качестве весеннего сезона рассматривался период март-май.

Оценка аномалий средней температуры воздуха за весенний сезон 2018 года по отдельным широтным зонам (60-85, 70-85 и 60-70° с.ш.) представлена в таблице 1.3 В весеннем сезоне 2018 г. аномалия температуры воздуха СПО составила 1,5 °С. Весна 2018 г. по рангу теплых лет стала одиннадцатой теплой весной за период с 1936 г. Аномалия температуры в широтной зоне 70-85° с.ш. оказалась равной 1,9°С,

а в зоне 60-70° с.ш. 1,2 °С. Прошедший сезон в этих широтных зонах стал соответственно двенадцатым и тринадцатым теплым сезоном по рангу теплых лет с 1936 г.

Таблица 1.3

Аномалия температуры воздуха (отклонение от нормы за 1961–1990 гг.) на территории СПО и отдельных широтных зон в среднем за весенний сезон 2018 г.

Широтная зона, °с.ш.	Аномалия	Ранг аномалии	Наиболее теплый год (аномалия)	Наиболее холодный год (аномалия)
70-85	1,9	12	2011 (4,0)	1966 (-2,2)
60-70	1,2	13	2016 (3,2)	1964 (-2,2)
60-85	1,5	11	2016 (3,5)	1964 (-2,1)

Сопоставление значений аномалий весенней температуры воздуха в 2018 г. в отдельных климатических районах показало наличие крупных положительных аномалий температуры в восточной части азиатского и западной части североамериканского секторов СПО (рисунок 1.15, таблица 1.4). Аномалия температуры в Чукотском и Аляскинском районах составила 3,1 и 3,0 °С соответственно. Прошедший сезон в обоих районах стал седьмым теплым сезоном по рангу теплых лет с 1936 г. В большей части Западносибирского района имели место отрицательные аномалии температуры воздуха.

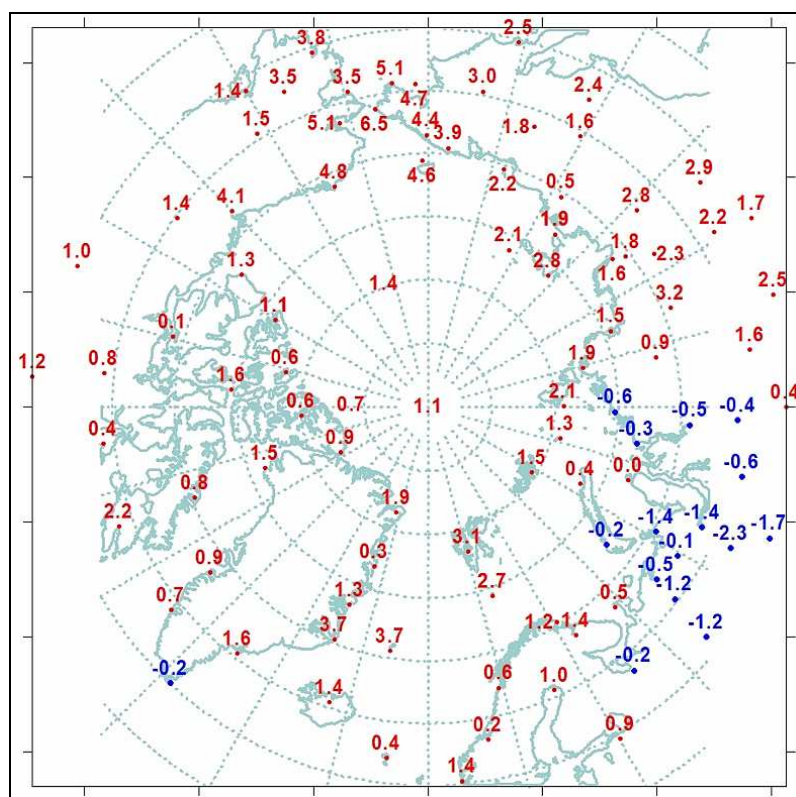


Рис. 1.15. Значения аномалий средней температуры воздуха весеннего сезона 2018 г. на станциях Северной полярной области, °С



Таблица 1.4

**Аномалии (отклонение от нормы за 1961–1990 гг.) средней температуры воздуха в
весеннем сезоне 2018 г. для отдельных районов СПО, °С**

Климатический район	Аномалия	Ранг аномалии	Наиболее теплый год (аномалия)	Наиболее холодный год (аномалия)
Атлантический	1,6	8	2004 (3,0)	1968 (-1,4)
Североевропейский	0,4	25	2016 (4,2)	1958 (-2,8)
Западносибирский	-0,4	37	2011 (6,7)	1964 (-2,0)
Восточносибирский	2,1	14	2011 (5,5)	1958 (-2,7)
Чукотский	3,1	7	2017 (5,0)	1950 (-2,8)
Аляскинский	3,0	7	2016 (4,8)	1964 (-4,2)
Канадский	0,8	21	2010 (4,6)	1964 (-2,5)

В районах арктических морей наблюдались преимущественно положительные аномалии температуры. Наиболее высокие значения положительных аномалий обнаруживались в северной части Гренландского и Норвежского морей и в районе Чукотского моря. В районе Чукотского моря прошедший весенний сезон стал вторым, а в северной части Гренландского и Норвежского морей пятым теплым сезоном по рангу теплых лет (таблица 1.5).

Таблица 1.5

**Аномалии температуры воздуха в весеннем сезоне 2018 г. на территории севернее
70° с.ш.**

Море, часть климатического района	Аномалия	Ранг аномалии	Наиболее теплый год (аномалия)	Наиболее холодный год (аномалия)
Северная часть Гренландского и Норвежского морей	2,4	5	2004,2006 (3,8)	1968 (-2,1)
Баренцево море	1,1	21	2016 (5,0)	1969 (-2,7)
Карское море	0,2	34	2011 (7,3)	1964 (-3,9)
Море Лаптевых	1,9	14	2011 (5,6)	1966 (-2,6)
Восточно-Сибирское море	2,6	10	1990 (5,4)	1950 (-2,5)
Чукотское море	5,1	2	2002 (5,4)	1985 (-3,2)
Море Бофорта	2,8	8	2016 (4,5)	1964 (-2,7)
Северная часть Канадского района	0,9	23	2010 (4,2)	1964 (-2,1)

Временные ряды пространственно-осредненных аномалий средней за весенний сезон температуры воздуха для отдельных районов широтной зоны 60-85° с.ш. представлены на рис. 1.16, а для районов арктических морей на рис. 1.17.

Оценка линейного тренда средней температуры воздуха СПО и отдельных широтных зон за весенний сезон 1936-2018 гг. показала наличие статистически значимого (на 5% уровне значимости) положительного линейного тренда как для широтных зон к северу и югу от 70° с.ш., так и для СПО в целом (таблица 1.6). Повышение температуры весеннего сезона составило соответственно 2,16, 1,91 и 1,99 °С за 83 года.

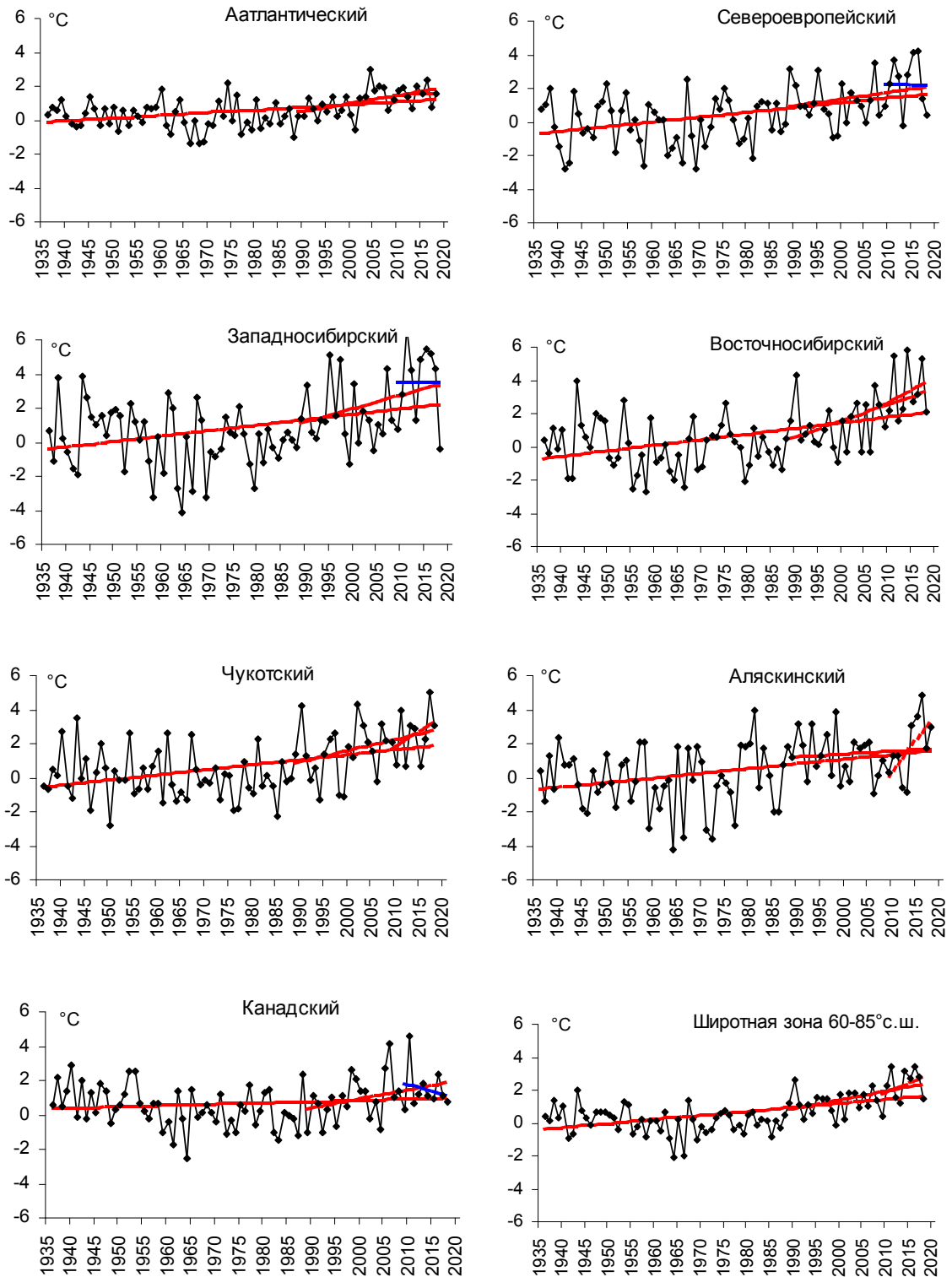


Рис. 1.16. Временные ряды аномалий средней за весенний сезон температуры воздуха в климатически однородных районах Арктики и в Арктическом регионе в целом, °С

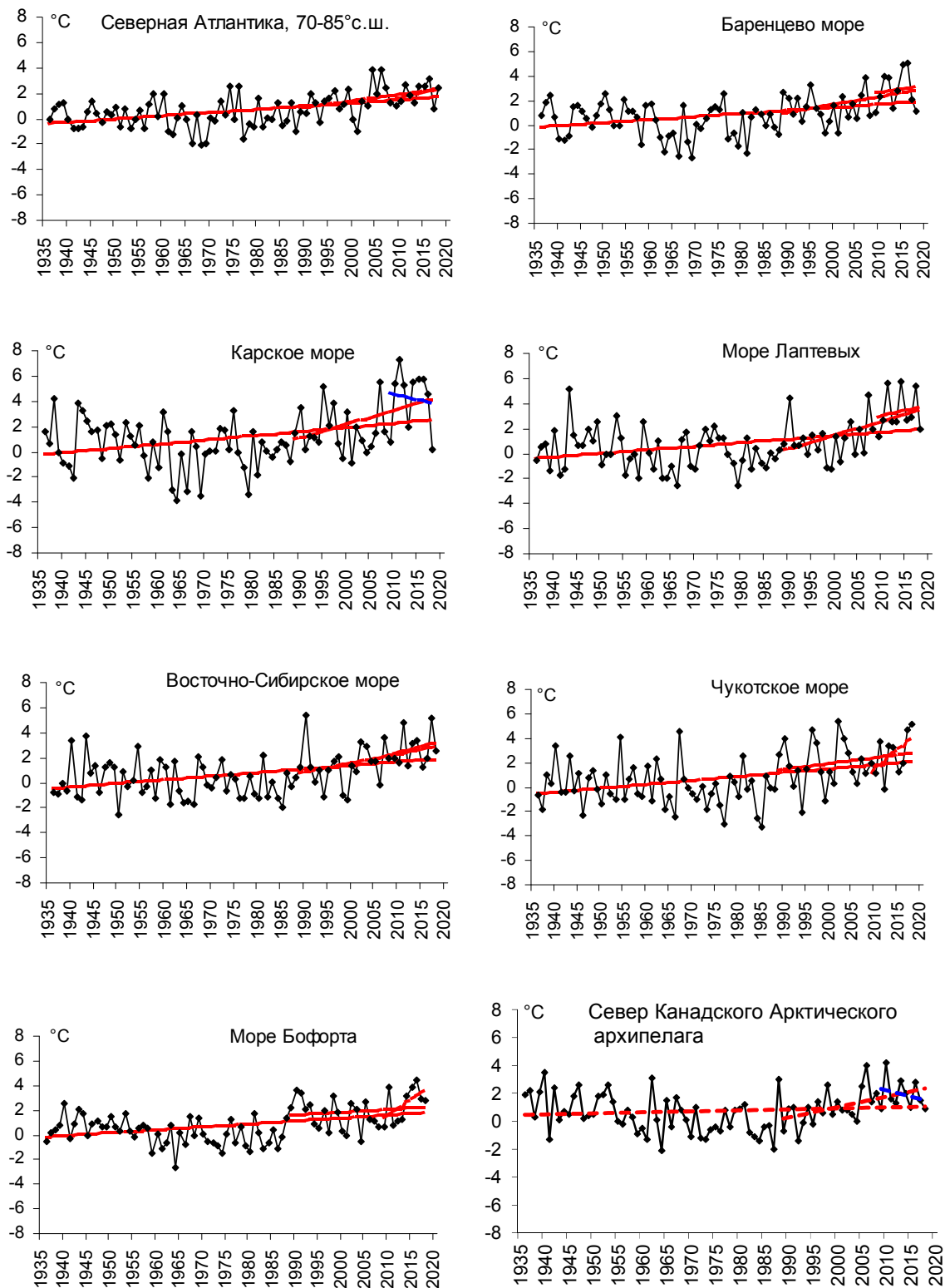


Рис. 1.17. Временные ряды аномалий средней за весенний сезон температуры воздуха над акваториями морей и Канадским архипелагом, °С



Таблица 1.6

Коэффициенты линейного тренда средней за летний сезон температуры воздуха отдельных районов за весь период наблюдений, за 30 и 10 лет

Район, широтная зона	1936-2018		1989-2018		2009-2018	
	<i>Vx</i>	<i>D</i>	<i>Vx</i>	<i>D</i>	<i>Vx</i>	<i>D</i>
Атлантический	0,16	42,5	0,47	52,3	0,10	5,9
Североевропейский	0,29	43,2	0,40	24,7	-0,07	1,3
Западносибирский	0,32	35,6	0,79	32,7	-0,02	0,3
Восточносибирский	0,34	44,8	0,98	48,8	1,52	26,9
Чукотский	0,29	42,1	0,65	35,5	1,80	37,6
Аляскинский	0,27	36,0	0,16	9,4	3,70	60,8
Канадский	0,07	14,3	0,53	35,6	-0,79	19,4
60-70° с.ш.	0,23	52,6	0,41	40,0	1,18	35,5
70-85° с.ш.	0,26	50,5	0,74	59,6	0,87	28,9
60-85° с.ш.	0,24	53,1	0,53	50,2	1,13	33,3

Примечание: *Vx* – значение линейного тренда в °C/10 лет; *D* – вклад тренда в полную дисперсию, %; жирным шрифтом выделены статистически значимые на 5% уровне тренды

Для последнего тридцатилетнего периода 1989-2018 гг. в СПО и в отдельных широтных зонах в весенней температуре характерны статистически значимые (на 5% уровне значимости) положительные тренды. Повышение температуры в целом по СПО составляет 1,59 °C за 30 лет. В отдельных районах наиболее высокие значения тренда наблюдаются в изменениях температуры Западносибирского и Восточносибирского районов. Значение линейного тренда средней за весенний сезон температуры воздуха здесь составляет соответственно 2,37 и 2,94 °C/30 лет.

В последнем десятилетнем периоде в районах Североевропейском и Западносибирском, а также в Канадском районе наблюдается слабо выраженный отрицательный линейный тренд. В целом по СПО знак тренда в температуре весеннего сезона положителен.

В районах всех арктических морей сохраняется положительный знак линейного тренда в изменениях температуры воздуха весеннего сезона (таблица 1.7).

Таблица 1.7

Коэффициенты линейного тренда средней за весенний сезон температуры воздуха районов арктических морей за весь период наблюдений, за 30 и 10 лет

Море, часть моря	1936-2018		1989-2018		2009-2018	
	<i>Vx</i>	<i>D</i>	<i>Vx</i>	<i>D</i>	<i>Vx</i>	<i>D</i>
Сев. часть Гренландского и Норвежского морей	0,25	47,5	0,51	40,5	0,84	31,5
Баренцево море	0,25	37,5	0,63	37,9	0,54	10,8
Карское море	0,33	34,8	1,10	42,0	-0,84	10,6
Море Лаптевых	0,28	36,9	1,10	51,5	0,83	15,7
Восточно-Сибирское море	0,28	39,7	0,72	37,8	1,01	22,1
Чукотское море	0,32	38,9	0,47	22,5	3,01	53,3
Море Бофорта	0,23	40,0	0,23	15,1	2,52	53,6
Северная часть Канадского района	0,07	12,4	0,74	52,5	-0,89	24,9

Примечание: *Vx* – значение линейного тренда в °C/10 лет; *D* – вклад тренда в полную дисперсию, %; жирным шрифтом выделены статистически значимые на 5% уровне тренды



Наиболее высокая скорость повышения температуры воздуха отмечается в районе Карского моря и моря Лаптевых. За 1989-2018 гг. температура воздуха в этом районе повысилась на 3,30 °C/30 лет.

Атмосферные осадки

Оценка выпавшего количества осадков в СПО в холодном сезоне 2017/18 г. проводилась по тем же климатическим районам, что и для температуры воздуха. За холодный сезон принят период с октября по май, период преимущественного выпадения твердые осадков.

В таблице 1.8 представлены относительные аномалии (в % от нормы 1961-1990 гг.) количества осадков за холодный сезон 2017/18 г. для отдельных широтных зон и климатических районов. В целом в СПО осадков выпало выше нормы (107,9 %). Такое количество осадков, выпавших в холодном периоде 2017/18 г. в СПО оказалось восьмым значением в ряду убывающих значений с 1936 года. К югу от 70°с.ш. осадков в зимнем сезоне выпало выше нормы на 7,6 %, а к северу на 19,0 %. Это соответственно четвертое и девятое значения в ряду убывающих значений с 1936 года

Таблица 1.8

Относительные аномалии (в % от нормы 1961-1990 гг.) сумм осадков холодного сезона 2017/18 г.

Клим. район, широтная зона	Относительная аномалия	Наибольшее значение	Наименьшее значение
Атлантический	99,9	2015 (123,2)	1968 (75,2)
Североевропейский	113,1	1981 (128,4)	1980 (68,5)
Западносибирский	108,5	2002 (122,6)	1946 (72,4)
Восточносибирский	109,0	1988 (125,2)	1967 (78,4)
Чукотский	116,1	1954 (139,6)	1982 (60,2)
Аляскинский	135,1	1951 (164,4)	1968 (54,1)
Канадский	88,3	2005 (123,5)	1977 (75,0)
60-70°с.ш.	107,6	2015 (115%)	1968 (88%)
70-85°с.ш.	118,7	1989 (127%)	1998 (84%)
60-85°с.ш.	107,9	1954 (117%)	1980 (90%)

В таблице 1.9 приведены оценки изменения сумм осадков холодного сезона за весь период (с 1936 по 2018 гг.) по северным (70-85° с.ш.) и южным (60-70° с.ш.) частям климатических районов и для районов в целом. На рисунке 1.18 временные ряды сумм осадков холодного сезона для районов арктических морей и территорий севернее 70° с.ш.



Таблица 1.9

Коэффициенты линейного тренда сумм осадков холодного сезона за весь период и за последнее 30-тилетие

Район, широтная зона	<i>Bx</i>	% от нормы	<i>D</i>	<i>Bx</i>	% от нормы	<i>D</i>
	1936-2018			1989-2018		
Южная часть Гренландского и Норвежского морей	6,64	6,5	16,5	-9,87	-3,5	7,4
Скандинавия и север ЕТР	14,16	38,7	69,5	-5,76	-5,7	14,6
Западная Сибирь	8,65	26,6	60,4	-7,36	-8,2	23,3
Восточная Сибирь	2,50	13,9	38,4	-2,84	-5,7	17,5
Чукотка	0,14	0,6	1,0	-0,80	-1,1	2,4
Аляскинский (южная часть)	3,08	15,0	20,8	-0,22	-0,4	0,5
Канадский (южная часть)	-0,30	-1,8	4,2	-6,40	-13,9	34,2
60-70° с.ш.	5,19	14,4	47,9	-3,63	-3,6	12,4
Северная часть Гренландского и Норвежского морей	10,00	35,2	54,3	21,72	27,7	47,7
Баренцево море	6,45	23,6	57,8	0,79	1,1	3,2
Карское море	0,19	1,2	2,4	2,57	5,8	12,1
Море Лаптевых	-2,99	-20,3	39,0	-1,35	-3,4	7,8
Восточно-Сибирское море	-7,09	-47,0	56,8	-9,17	-22,0	43,4
Чукотское море	-8,92	-42,3	53,5	3,62	6,2	13,8
Море Бофорта	-0,57	-4,9	5,9	-2,75	-8,6	11,5
Канадский (северная часть)	0,47	6,5	8,2	-5,74	-28,7	30,4
70-85° с.ш.	1,59	9,5	31,6	7,32	15,9	53,2
Атлантический	7,95	10,3	28,1	1,09	0,5	1,2
Североевропейский	11,04	33,5	74,7	-1,40	-1,5	6,5
Западносибирский	5,09	19,9	57,1	-3,19	-4,5	16,6
Восточносибирский	0,40	2,4	7,9	-2,24	-4,8	16,5
Чукотский	-2,82	-12,3	23,0	-0,41	-0,6	1,8
Аляскинский	1,77	9,9	14,9	-3,90	-7,8	12,2
Канадский	0,00	0,0	0,0	-6,16	-17,0	36,8
60-85° с.ш.	3,41	11,5	46,8	-2,10	-2,6	11,4

Примечание: Первый столбец – значение линейного тренда в мм/10 лет;

Второй столбец – изменение сумм осадков в % от среднесезонного значения за 1961-90 гг.;

Третий столбец – вклад тренда в полную дисперсию $D\%$;

Жирным шрифтом выделены статистически значимые на 5% уровне тренды

В межгодовых изменениях осадков холодного сезона за период 1936-2018 гг. сохраняется тенденция статистически значимого увеличения зимних осадков. В широтной зоне к югу от 70° с.ш. количество осадков увеличилось на 14 % (по отношению к норме 1961-1990 гг.), к северу – на 10 %, а в целом по региону на 12 %. За этот период осадки более всего выросли в Североевропейском районе (на 34 %) и Западносибирском (на 20 %), главным образом, за счет увеличения сумм осадков в южной части районов на 39 и 27 % соответственно. В Чукотском районе зимние осадки продолжают уменьшаться (на 12 %). Относительно наметившихся тенденций в изменениях сумм осадков холодного сезона можно указать на отрицательный знак тренда в последнем 30-ти летнем периоде как в целом по СПО, так и южной ее части. К северу же от 70° с.ш. продолжает сохраняться тенденция к росту осадков.

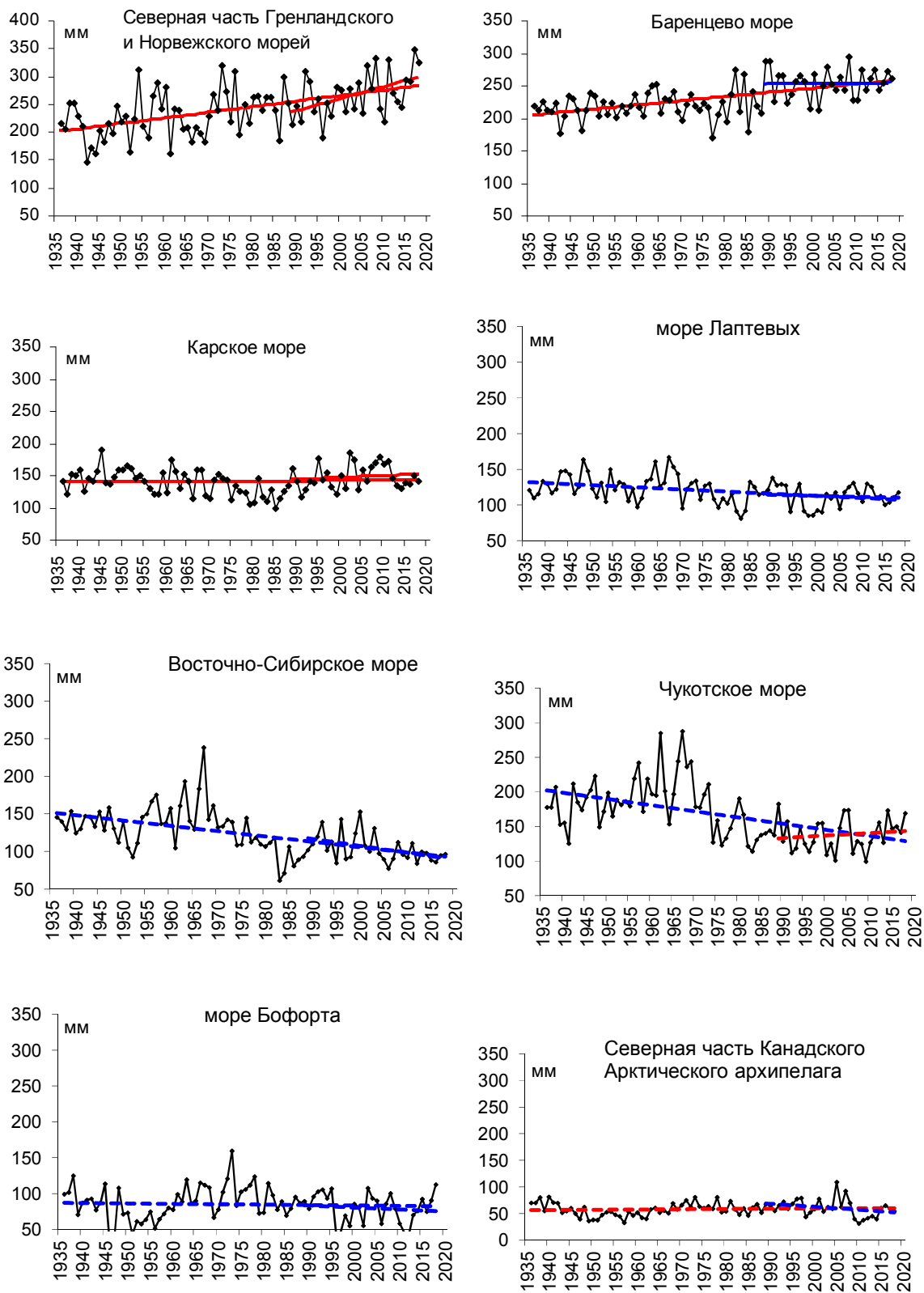


Рис. 1.18. Временные ряды сумм осадков холодного сезона над акваториями морей и Канадским архипелагом, мм



2 Ледовые условия и процессы в Северном Ледовитом океане и его морях в апреле-июне 2018 г.

2.1 Развитие ледовых условий за период апрель-июнь

Оценки особенностей развития ледовых условий в апреле-июне 2018 г. получены по данным государственной наблюдательской сети, центров приема спутниковой информации Росгидромета, данным экспедиционных исследований, проводимых в ФГБУ «ААНИИ» в апреле-мае на научной базе «Мыс Баранова» и в ряде международных проектов.

Со всей доступной исходной информацией по разделу можно ознакомиться на сайте ААНИИ по ссылке <http://www.aari.nw.ru/projects/ecimo/index.php>

Для иллюстрации ледовых условий в годовом цикле представлены совмещенные региональные карты ААНИИ, Канадской ледовой службы – КЛС и Национального ледового центра США - НЛЦ. Совмещение карт выполнено путем перекрытия слоев (ААНИИ, верхний слой) – (КЛС, средний слой) – (НЛЦ, нижний слой). Как результат, карты ААНИИ характеризуют ледовые условия морей Гренландского...Чукотского, Берингова, Охотского и Балтийского, КЛС - морей Бофорта, Канадского архипелага, Баффина, Девисова пролива, Лабрадор, Св. Лаврентия, а НЛЦ - Арктического Бассейна, Линкольна, южной части Гренландского моря (при этом полный охват карт НЛЦ – вся акватория СЛО и субполярные моря). Для построения совмещенных карт использовался архив данных в формате СИГРИДЗ Мирового центра данных по морскому льду (МЦД МЛ). В пределах отдельного месяца выборка карт из архива проводилась по критериям близости к середине месяца и интервала времени между картами ААНИИ и КЛС-НЛЦ в 1 сутки (день недели выпуска карт ААНИИ – каждая среда, КЛС – каждый вторник, НЛЦ – 1 раз в 2 недели по вторникам). Для цветовой окраски карт в зимний (по возрасту) и летний (по общей сплоченности) периоды использован стандарт ВМО (WMO/Td. 1215). Следует также отметить, что в зонах стыковки карт ААНИИ и КЛС, НЛЦ наблюдается определенная несогласованность границ и характеристик ледовых зон вследствие ряда различий в ледовых информационных системах ААНИИ и КЛС, НЛЦ (КЛС и НЛЦ имеют единую информационную систему в рамках Североамериканкой ледовой службы). Однако, данная несогласованность несущественна для целей интерпретации ледовых условий в рамках настоящего обзора. Исходная информация в формате ВМО СИГРИЗ доступна на сервере МЦД МЛ по адресам <http://wdc.aari.ru/datasets/d0004> (карты ААНИИ), <http://wdc.aari.ru/datasets/d0031> (карты КЛС), <http://wdc.aari.ru/datasets/d0032> (карты НЛЦ).



В графическом формате PNG совмещенные карты ААНИИ-КЛС-НЛЦ доступны по адресу <http://wdc.aari.ru/datasets/d0040>.

Для получения оценок ледовитости на основе данных спутниковых систем пассивного микроволнового зондирования SSMR-SSM/I-SSMIS в МЦД МЛ ААНИИ принята следующая технология расчетов:

источник данных – архивные и квазиоперативные с задержкой 1-2 дня ежедневные матрицы (поля распределения) оценок общей сплоченности Северной (севернее 45° с.ш.) полярной области по алгоритму NASATEAM за период с 26.10.1978 г. по настоящий момент времени, копируемые с сервера НЦДСЛ;

область расчета – Северная полярная область и ее регионы с использованием масок океан/суша НЦДСЛ (http://nsidc.org/data/polar_stereo/tools_masks.html) и региональных масок ААНИИ;

вычислительные особенности расчета – авторское программное обеспечение ААНИИ с сохранением точности расчетов и оценке статистических параметров по гистограмме распределения.

Результаты расчетов ледовитости Северной полярной областей и их регионов доступны также на сервере МЦД МЛ ААНИИ (<http://wdc.aari.ru/datasets/ssmi/data/>).

Оценка квантилей распределения общей сплоченности 5% и 50% (медиана) выполнена на основе совмещенного месячного массива ледовых карт проекта ВМО "Глобальный Банк Цифровых Данных по Морскому Льду" за 1945-2004 гг. (включает данные ААНИИ за 1945-1992 гг., Балтийских ледовых служб за 1960-1979 гг., Национального ледового центра США за 1972-2004 гг., Канадской ледовой службы за 1968-1998 гг. и Японского метеорологического агентства за 1970-2006 гг.). Расчет среднемесячных значений общей сплоченности для 2018 г. выполнен на основе массива ежедневных распределений оценки общей сплоченности по алгоритму NASATEAM из архива Национального центра данных США по снегу и льду (<http://nsidc.org>).

На рисунке 2.1 показаны границы и положение квазиоднородных районов, по которым проводится описание развития ледовых условий.

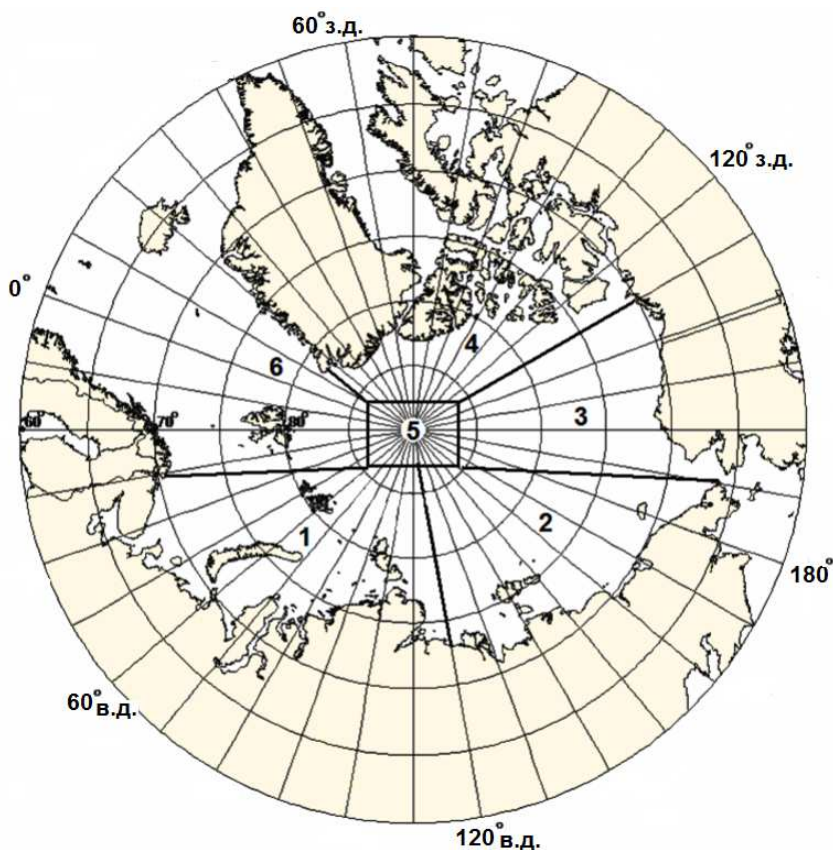


Рис. 2.1. Районы Северного Ледовитого океана

1-западный район российского сектора; 2-восточный район российского сектора; 3-аляскинский сектор; 4- канадский сектор; 5-приполюсный район; 6- гренландский сектор

В конце первого квартала в СЛО сложилась следующая ледовая обстановка. В окраинных морях российской Арктики (Карском и Чукотском) преобладали однолетние средние льды. В морях Лаптевых, Восточно-Сибирском и северной части моря Бофорта, преобладали однолетние толстые льды.

Многолетние льды были смещены в западную часть Арктики и располагались в приполюсном районе, в гренландском и канадском секторах. Непосредственно в границах арктических окраинных морей старых льдов не наблюдалось.

Два значительных по протяженности языка старых льдов наблюдались у северных границ морей Лаптевых и Восточно-Сибирского. Вдоль восточного побережья Гренландии наблюдался протяженный язык старых льдов, образовавшийся в результате дрейфа и выноса льда из Арктического бассейна через пролив Фрама.

Старые льды по площади составляли до 35-40% от всей площади льдов на акватории СЛО.

Позднее начало ледообразования и низкая интенсивность нарастания толщины льда в морях в течение зимних месяцев 2018 г. привели к тому, что толщина льда по



данным полярных станций во всех российских арктических морях была на 20-50 см меньше нормы

Общее количество льдов в Северном Ледовитом океане по оценкам, выполненным в ААНИИ, в конце первого квартала 2018 г. составило 11,7 тыс. км², что на 2 % меньше среднего многолетнего значения и очень близко к норме за последнее десятилетие.

В апреле наблюдалось дальнейшее развитие ледяного покрова и переход однолетних средних льдов в возрастную градацию однолетних толстых льдов в большинстве районов окраинных арктических морей. Однако на обширных акваториях Баренцева, юго-западной части Карского и Чукотского морей, сохранялось преобладание однолетних средних и тонких льдов. Процесс нарастания льда в весенний период 2018 г. происходил со значительным запаздыванием по сравнению с нормой.

Заприпайные полыньи в арктических морях были развиты крайне слабо, в связи с этим молодых льдов (толщиной до 30 см) наблюдалось также мало. Заприпайная полынья наблюдалась только в восточной части моря Лаптевых.

Был хорошо развит припай в районе Новосибирских островов и в районе архипелага Северная земля со стороны Карского мор, включая пролив Вилькицкого. В то же время припай в Обь-Енисейском районе, у западного побережья Ямала, восточного побережья Таймыра и Чукотского побережья был развит слабо.

Старые льды наблюдались в гренландском, канадском секторах и в приполюсном районе Арктики. К северу от Новосибирских островов, на границе между морями Восточно-Сибирским и Лаптевых морями сохранялся небольшой ширины, но протяженный язык двухлетних льдов (рисунок 2.2).

Распределение ледяного покрова по сплоченности и по возрастным градациям на каждый месяц и поля среднемесячного дрейфа за период апрель-июнь 2018 г. приведены на рисунках 2.3-2.12.

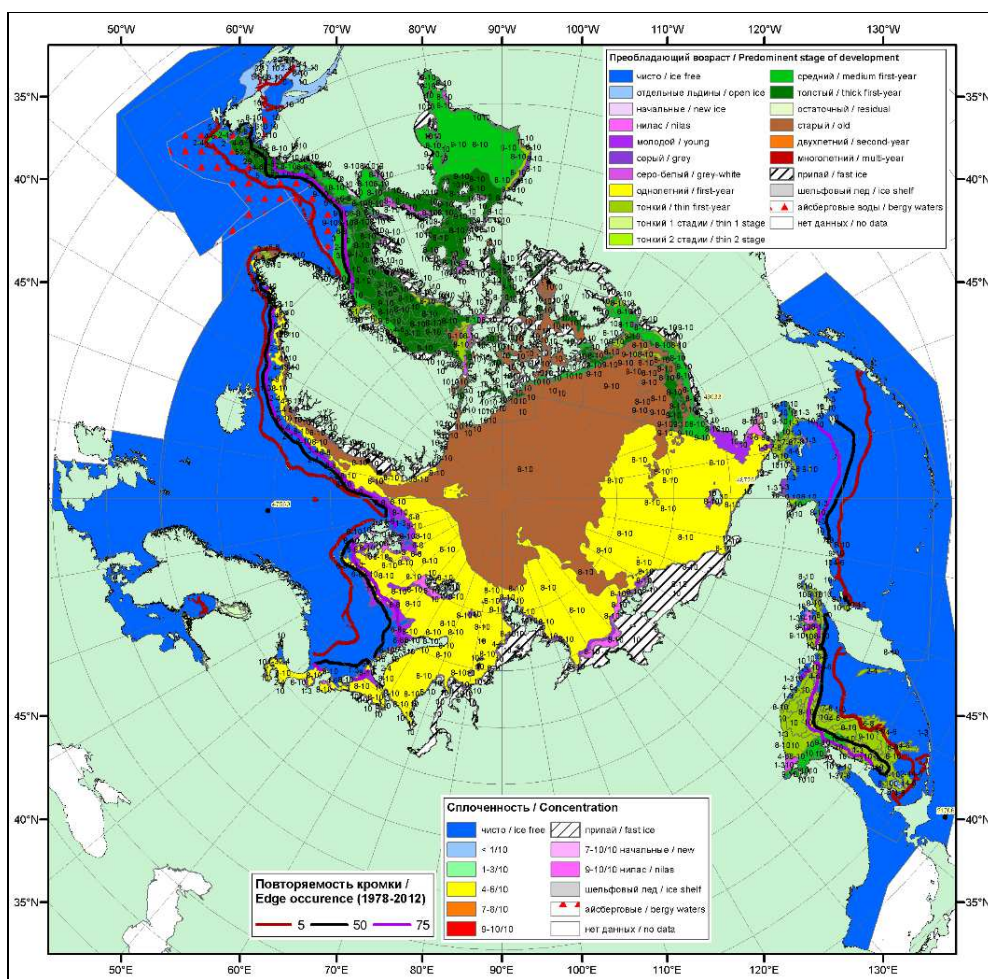


Рис. 2.2. Обзорная ледовая карта СЛО за 16-24.04.2018 г. на основе ледового анализа ААНИИ, Канадской ледовой службы и Национального ледового центра США

Основные структуры дрейфа льда в СЛО – Трансарктический перенос льдов и Канадский антициклонический круговорот были развиты хорошо.

Трансарктический перенос льдов брал свое начало в северной части моря Лаптевых к западу от Новосибирских островов. Это приводило к выносу однолетних льдов из морей Лаптевых в приполюсный район. Далее, уже из приполюсного района, в результате трансарктического дрейфа старые льды выносились в пролив Фрама.

Центр Канадского антициклонического круговорота наблюдался в своем классическом положении – над центром моря Бофорта. По его периферии наблюдался мощный перенос льдов вдоль побережья островов Канадского арктического архипелага и далее вдоль аляскинского побережья в северную часть Чукотского моря (рисунок 2.3).

В поле сплоченности ледяного покрова прослеживалась достаточная однородность. Зоны пониженной сплоченности наблюдались в северных частях морей Лаптевых и Восточно-Сибирском, откуда выносило лед в результате Трансарктического переноса в, а

также в Баренцевом море, в следствии его малой ледовитости (зоны, выделенные синим цветом на рисунке 2.4 б). Зоны повышенной сплоченности наблюдались в гренландском секторе Арктики, куда приносило лед в результате Трансарктического переноса льда, а также в западных частях всех арктических морей, что свидетельствовало о преобладании в морях дрейфа западного направления уплотнении льдов в западных районах морей (зоны, выделенные зеленым цветом на рис. 2.4 б).

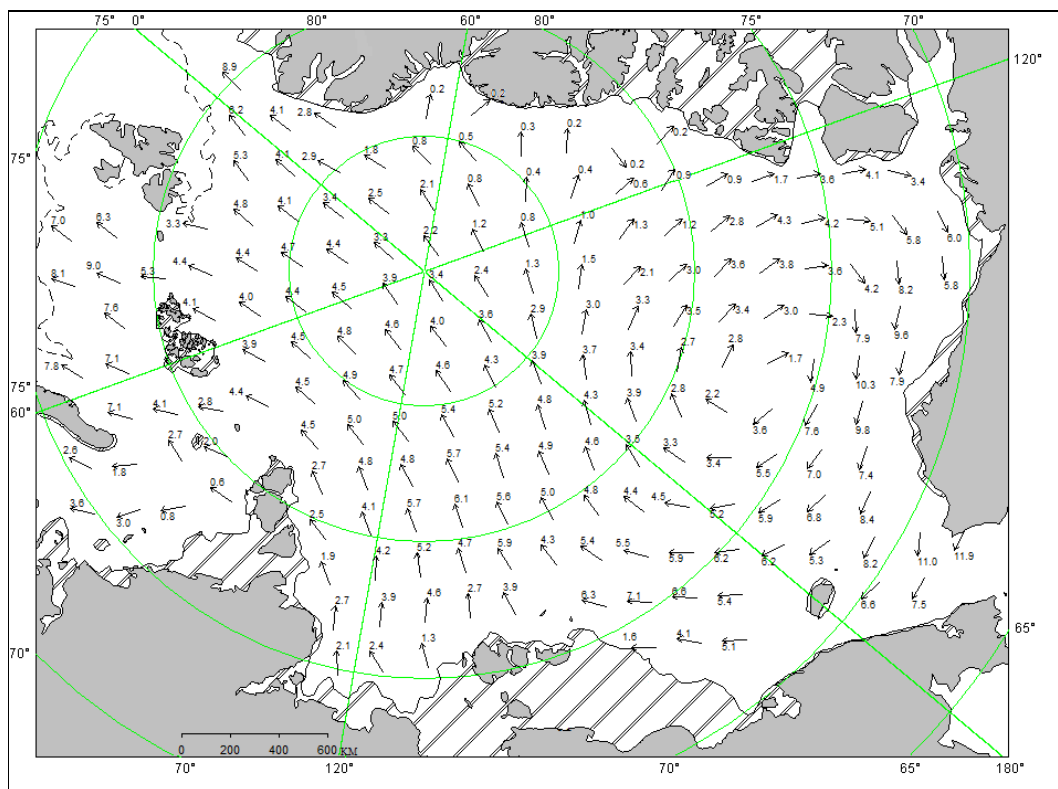


Рис. 2.3. Поле скорости результирующего дрейфа льда за апрель 2018 г.

1 – направление (стрелка) и скорость (0.2 км/сут) дрейфа автоматического буя; 2 – те же характеристики дрейфа льда, рассчитанные в узле сетки; 3 – кромка молодого льда

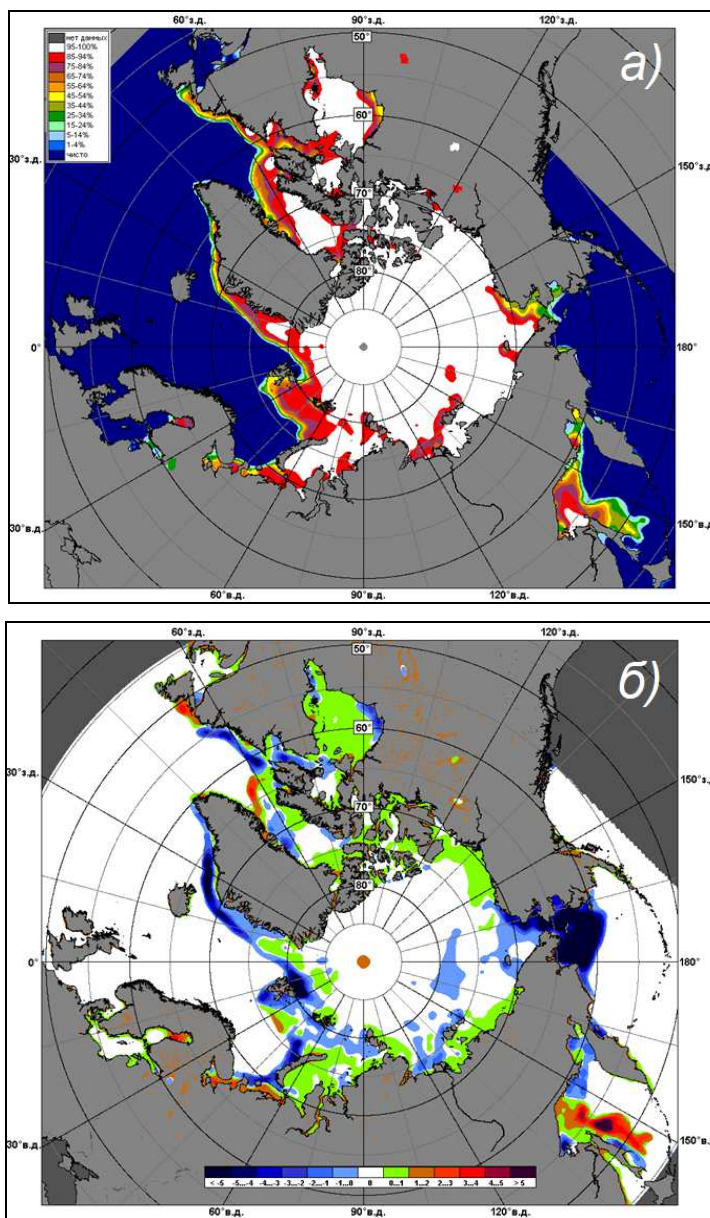


Рис. 2.4. Медианные распределения сплоченности льда в апреле 2018 г.

(а) и её разности относительно медианного распределения за те же месяца за периоды 1979-2018 г. (б) на основе расчетов по данным SSMR-SSM/I-SSMIS

В мае, который считается периодом максимального развития и накопления ледяного покрова, в структурном составе льдов всего бассейна Северного Ледовитого океана преобладали однолетние льды (преимущественно однолетние толстые льды), которые составляли около 50% от общего количества льда. Около 35-40% от общего количества льда составляли старые льды. Оставшееся количество было представлено однолетними средними и тонкими льдами, которые наблюдалось в прикромочных районах Гренландского, Баренцева, юго-западной части Карского морей и в зонах формирования заприпайных полыней во всех арктических окраинных морях. Количество

молодых льдов было незначительным, вследствие небольшого развития припайных полыней.

Однолетние льды занимали весь российский сектор Арктики и более половины гренландского сектора Арктики. Старые льды наблюдались преимущественно в гренландском и канадском секторах Арктики и в приполюсном районе (рисунок 2.5).

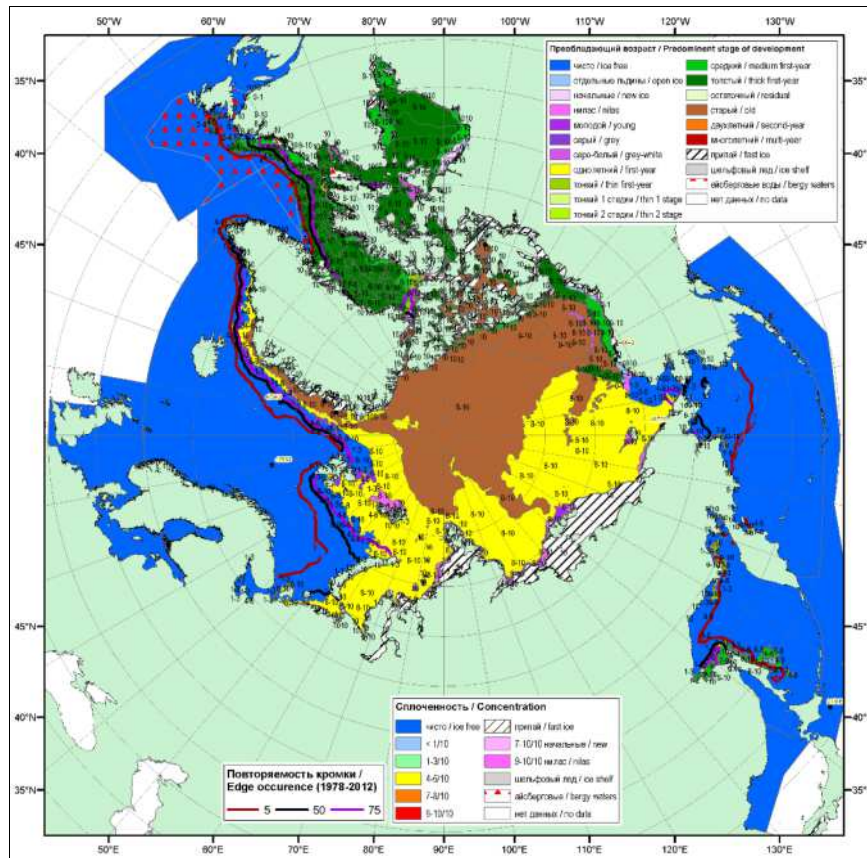


Рис. 2.7. Обзорная ледовая карта СЛО за 14-22.05.2018 г. на основе ледового анализа ААНИИ, Канадской ледовой службы и Национального ледового центра США

Площадь припая в конце мая (период максимального нарастания) была близка к средним многолетним значениям во всех российских арктических морях, кроме припая Новосибирских островов, который на 8% превышал средние многолетние значения. В конце мая суммарная площадь припая в российских арктических морях составляла 648 тыс. км², что на 6 % было больше среднего многолетнего значения.

Что касается толщины припайного льда по данным наблюдений на полярных станциях, то отрицательные аномалии толщины припайного льда на период максимального нарастания (конец мая) наблюдались во всех российских арктических морях и составляли 20-30см (рисунок 2.5).

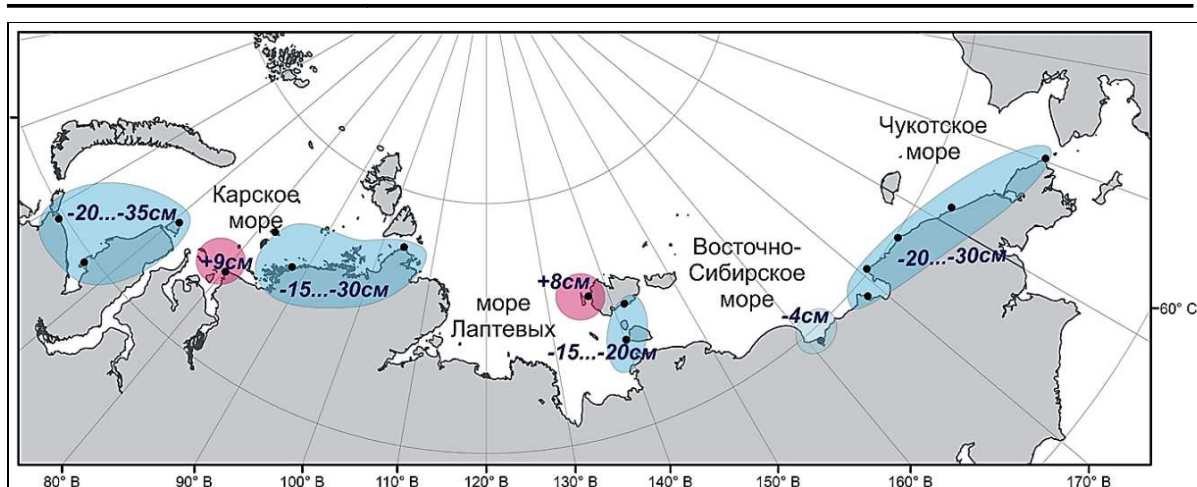


Рис. 2.5. Аномалии толщины льда в морях российских секторов Арктики по данным полярных станций на период максимального нарастания в 2018 г. (конец мая)

В поле дрейфа продолжало сохраняться развитие основных структур дрейфа – Трансарктического переноса и Канадского антициклонического круговорота, причем их взаимное положение практически не изменилось по сравнению с апрелем.

Стрежень трансарктического переноса практически не изменил своего положения и также начинался из северной части моря Лаптевых. Перенос льдов, направленных из северной части моря Лаптевых через приполюсный район к побережью Гренландии и далее в пролив Фрама, обусловил вынос льдов из морей Лаптевых и Восточно-Сибирского.

Канадский антициклонический круговорот сохранял обширное развитие и наблюдался в виде развитого круговорота с центром, смещенным к границе между морями Бофорта и Чукотским

По периферии круговорота однолетние льды из Восточно-Сибирского и Чукотского морей выносило в приполюсный район, вытесняя многолетние льды.

Прибрежная ветвь дрейфа проходила вдоль побережья островов Канадского Арктического архипелага и Аляски и далее уходила в северную часть морей Чукотского и Восточно-Сибирского. В результате выноса льдов у побережья полуострова Аляска в восточной части Чукотского моря сформировалось обширное прибрежное разряжение. (рисунок 2.6).

Протяженный язык старых льдов, который в апреле находился на границе двух морей – Лаптевых и Восточно-Сибирского и нависал над Новосибирскими островами, в мае в результате дрейфа переместился в западном направлении на расстояние 50-100 км. В результате устойчивого выноса Трансарктическим переносом льдов из приполюсного

района, большое количество старых льдов было замещено однолетними льдами пришедшими сюда из северных частей морей Лаптевых и Восточно-Сибирского.

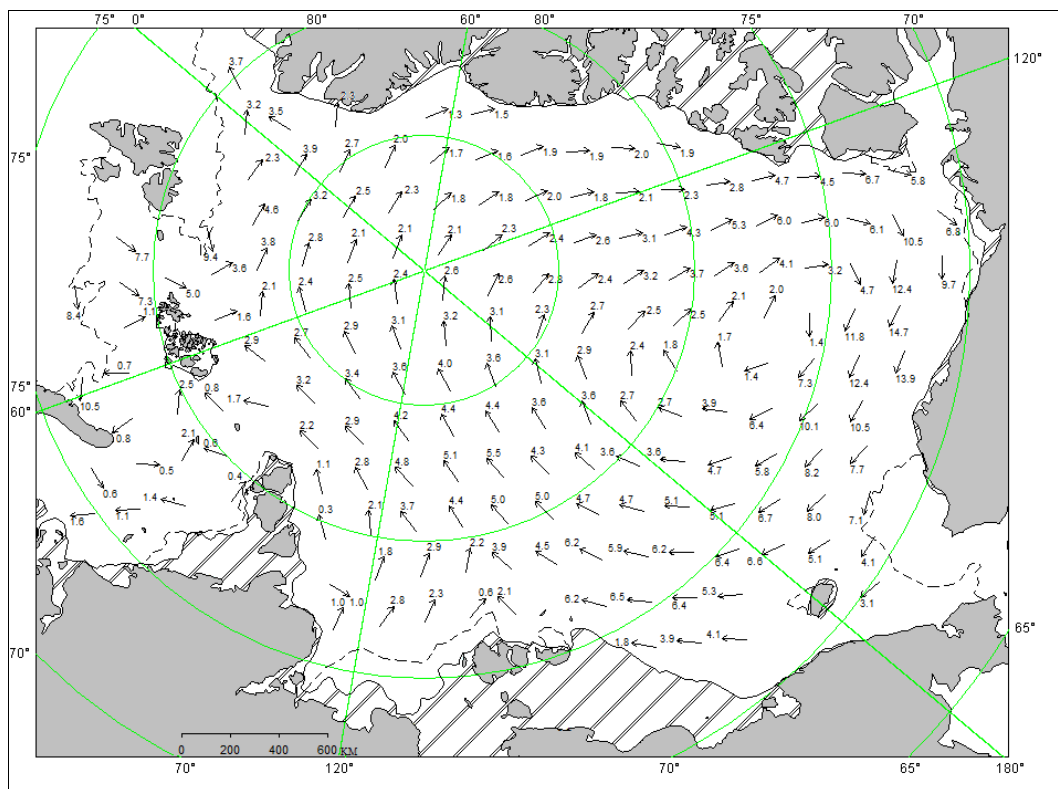


Рис. 2.6. Поле скорости результирующего дрейфа льда за май 2018 г.

1 – направление (стрелка) и скорость (5.1 км/сут) дрейфа автоматического буя; 2 – те же характеристики дрейфа льда, рассчитанные в узле сетки; 3 – кромка льда

В распределении сплоченности льдов в мае в связи с развитием обширного Трансарктического переноса и хорошо развитым Канадским антициклоническим круговоротом наблюдались отрицательные аномалии сплоченности в северных частях всех морей российского сектора Арктики (зоны, выделенные синим цветом на рисунке 2.7 б). В центральных частях этих морей напротив наблюдались положительные аномалии сплоченности льда (зоны, выделенные зеленым цветом на рисунке 2.7 б).

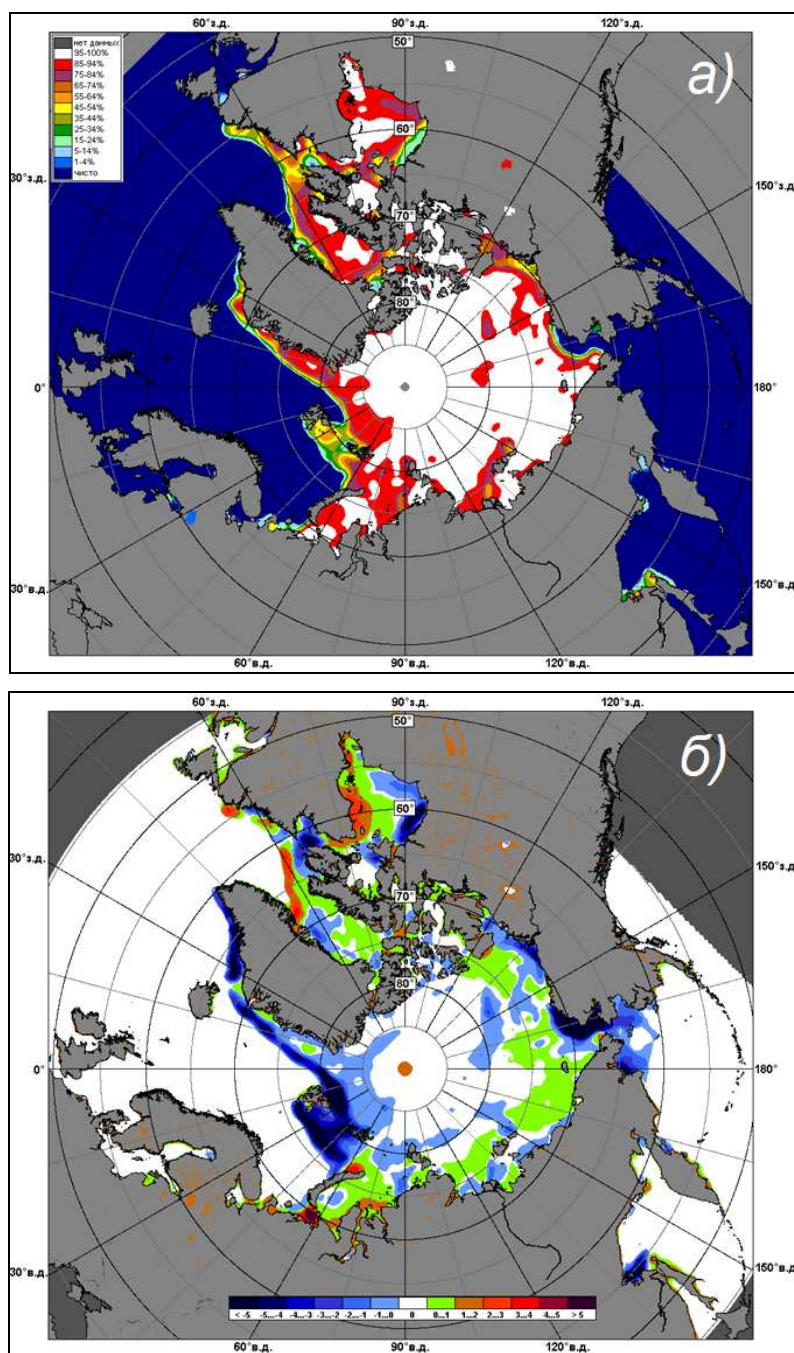


Рис. 2.7. Медианные распределения сплоченности льда в мае 2018 г.

(а) и её разности относительно медианного распределения за те же месяца за периоды 1979-2018 (б) на основе расчетов по данным SSMR-SSM/I-SSMIS.

В июне началось чрезвычайно быстрое очищение окраинных морей западного и восточного районов российского сектора Арктики – Баренцева и Чукотского. В этих морях сформировались крупные положительные аномалии ледовитости. В конце июня аномалии ледовитости составили: в Баренцевом море -25%, в Чукотском море -27%. Очищение этих морей в первую очередь было связано с интенсивным дрейфом льда

выносного характера, адвекции тепла в эти районы и развитием тепловых процессов таяния и разрушения льда. Обширные разряжения льда сформировались также в заприпайных зонах ряда морей.

Таким образом, в течение мая сформировалось три обширных центра очищения арктических морей – в северной части Баренцева моря, в центральной части моря Лаптевых и в юго-западной части Чукотского моря.

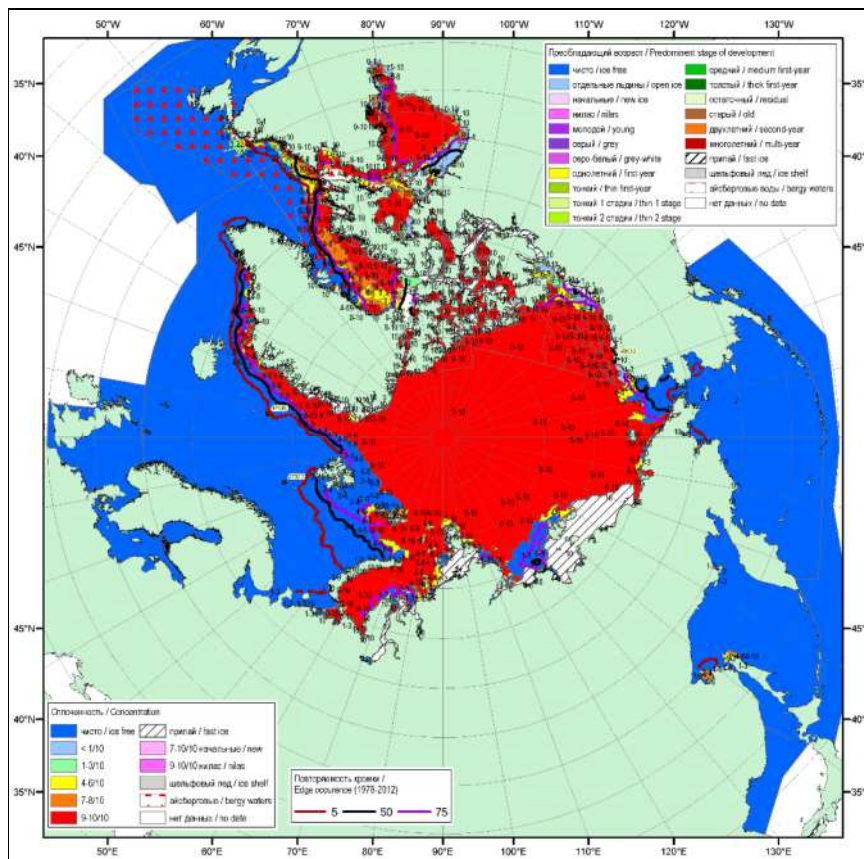


Рис. 2.8. Обзорная ледовая карта СЛО за 11-19.06.2018 г. на основе ледового анализа ААНИИ, Канадской ледовой службы и Национального ледового центра США

В июне в поле дрейфа льда в СЛО произошли определенные изменения, особенно в восточном секторе Арктики.

Трансарктический перенос льда сохранился и был также хорошо развит. Однако произошло смещение его стрежня далее к западу. Начало переноса переместилось в северную часть западного района моря Лаптевых, к району островов архипелага Северная Земля. Наблюдался интенсивный вынос льда из моря Лаптевых, а также из северной части Карского моря.

Произошедшие масштабные изменения в циркуляции атмосферы в восточном секторе Арктики привели к полному разрушению Канадского антициклонического

круговорота, как единой структуры дрейфа и формированию слабого плохо выраженного круговорота с несколькими центрами. В результате действия многоцентровых вихрей лед дрейфовал в генеральном направлении вдоль Аляски и выносился в северные части морей Восточно-Сибирского и Чукотского (рисунок 2.9).

В результате сложившегося необычного поля дрейфа с развитым несколькими центрами вместо обычных двух структур дрейфа, в поле сплоченности ледяного покрова наблюдалось формирование обширных разрежений в западных окраинных морях – в Баренцевом, Карском, Чукотском (зоны, выделенные синим цветом на рисунке 2.10 б).

Зоны положительной аномалии сплоченности (зоны, выделенные зеленым цветом на рисунке 2.10 б) сформировались в зонах приноса ледяного покрова, в гренландском секторе Арктики, а также в морях Восточно-Сибирском и Чукотском

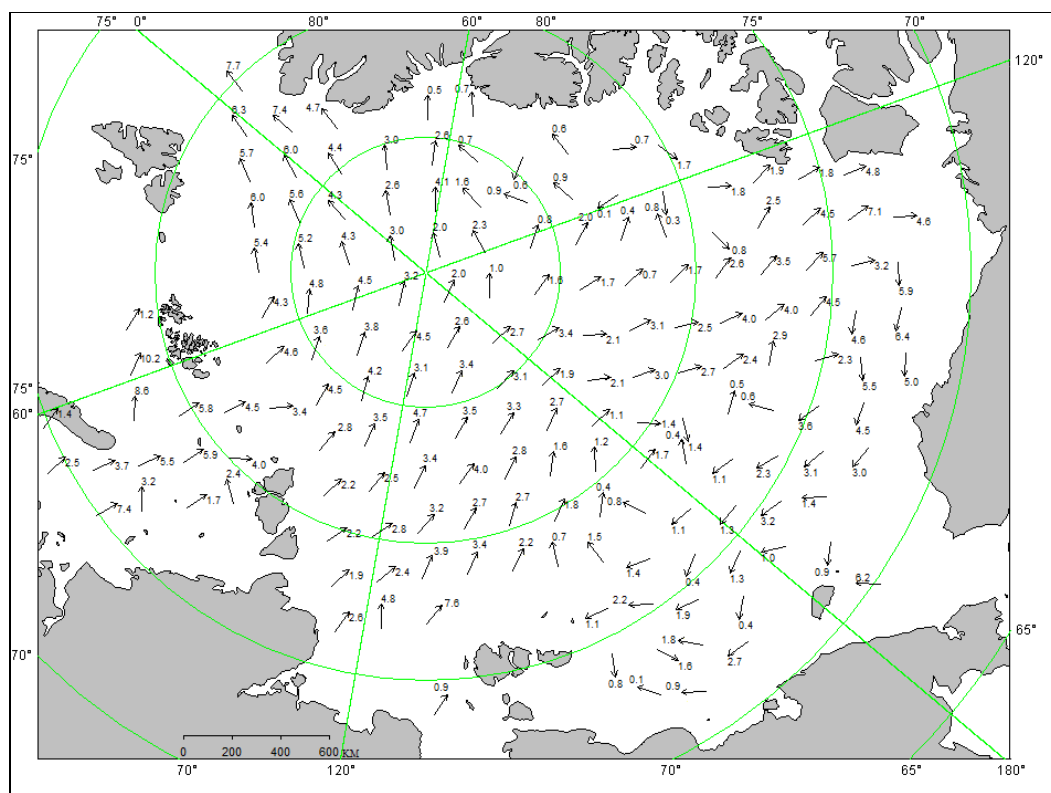


Рис. 2.9. Поле скорости результирующего дрейфа льда за июнь 2018 г.

(1 – направление (стрелка) и скорость (2.3 км/сут) дрейфа автоматического буя; 2 – те же характеристики дрейфа льда, рассчитанные в узле сетки; 3 – кромка льда)

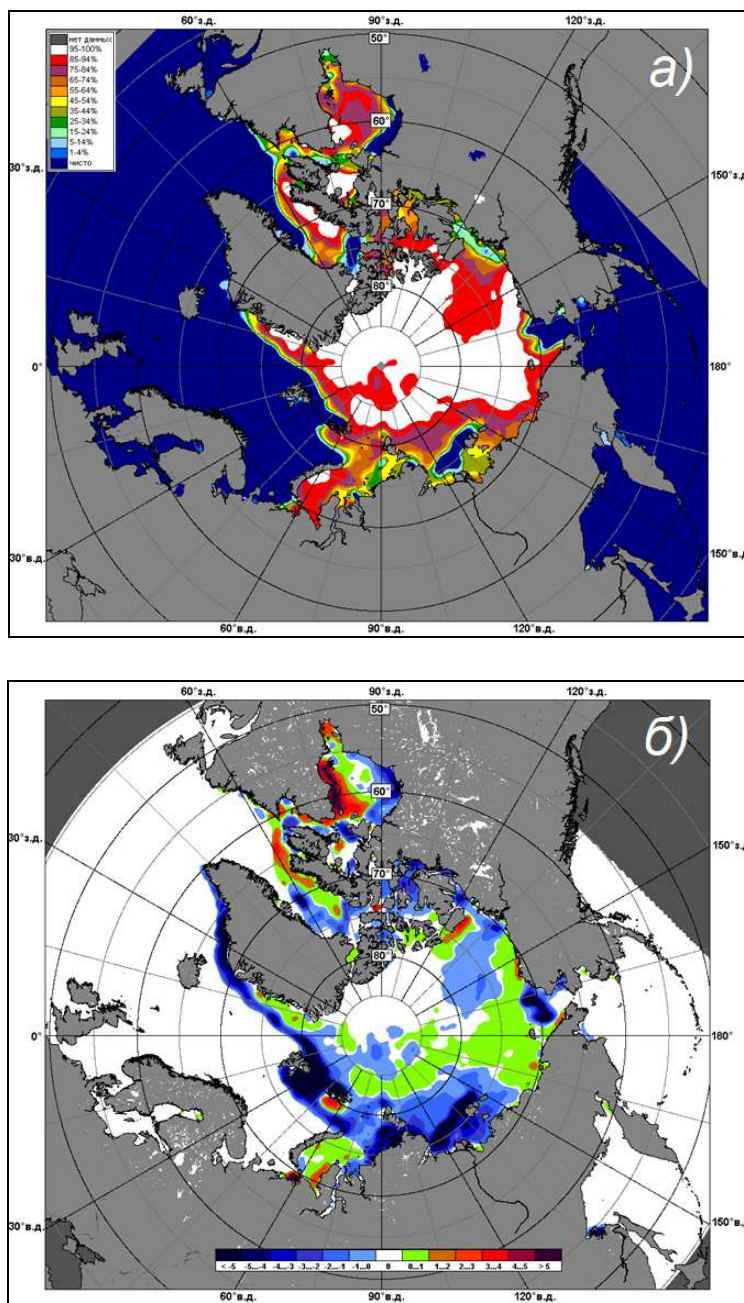


Рис. 2.10. Медианные распределения сплоченности льда в июне 2018 г.

(а) и её разности относительно медианного распределения за те же месяца за периоды 1979-2018 (б) на основе расчетов по данным SSMR-SSM/I-SSMIS

Общее количество льдов в Северном Ледовитом океане по оценкам, выполненным в отделе ледового режима и прогнозов ФГБУ «ААНИИ», в конце второго квартала 2018 г. составило 9596,1 млн. км², Это величина оказалось на 6,7% меньше среднемноголетнего значения по длинному ряду наблюдения с 1978-2018 гг. Вместе с тем, площадь ледяного покрова в СЛО в конце второго квартала 2018 г., оказалась очень близкой к норме по короткому ряду с 2006 по 2018 гг. (таблица 2.1)



Таблица 2.1

Медианные значения ледовитости в Северном Ледовитом океане в июне 2018 г. и её аномалии по данным наблюдений SSMR-SSM/I, алгоритм NASATEAM

Район, моря	S,	Аномалия млн. км ²			
		от 2016	от 2017 г.	от 2006-2018 гг.	от 1978-2018 гг.
Северный Ледовитый океан	9596,1	281,3	86,4	-91,3	-732,6
Сектор 45°W-95°E (Гренландское - Карское моря)	2052,2	389,0	-334,4	-194,3	-661,9
Сектор 95°E-170°W (моря Лаптевых-Чукотское, Берингово, Охотское)	3127,4	-253,1	8,7	-116,0	-217,0
Сектор 170°W-45°W (море Бофорта и Канадская Арктика)	4887,8	357,8	732,3	401,4	38,9

Кривые изменения значений площади ледяного покрова в целом по СЛО и отдельно по его секторам приведены на рисунке 2.11.

Интересно отметить динамику изменения площади ледяного покрова в СЛО за первое полугодие 2018 г. Если в начале года отрицательная аномалия общего количества льда в СЛО составила -5,5%, то в конце второго квартала 2018 г. аномалия составила -6,7%. То есть за второй квартал 2017 г., в который входит период интенсивного ледонакопления (апрель-май) произошло увеличение по абсолютной величине отрицательной аномалии ледовитости по сравнению с первым кварталом, с -5,5 % до -6,7%. Это свидетельствует о меньшем накоплении льдов в Северном Ледовитом океане перед началом летнего периода.

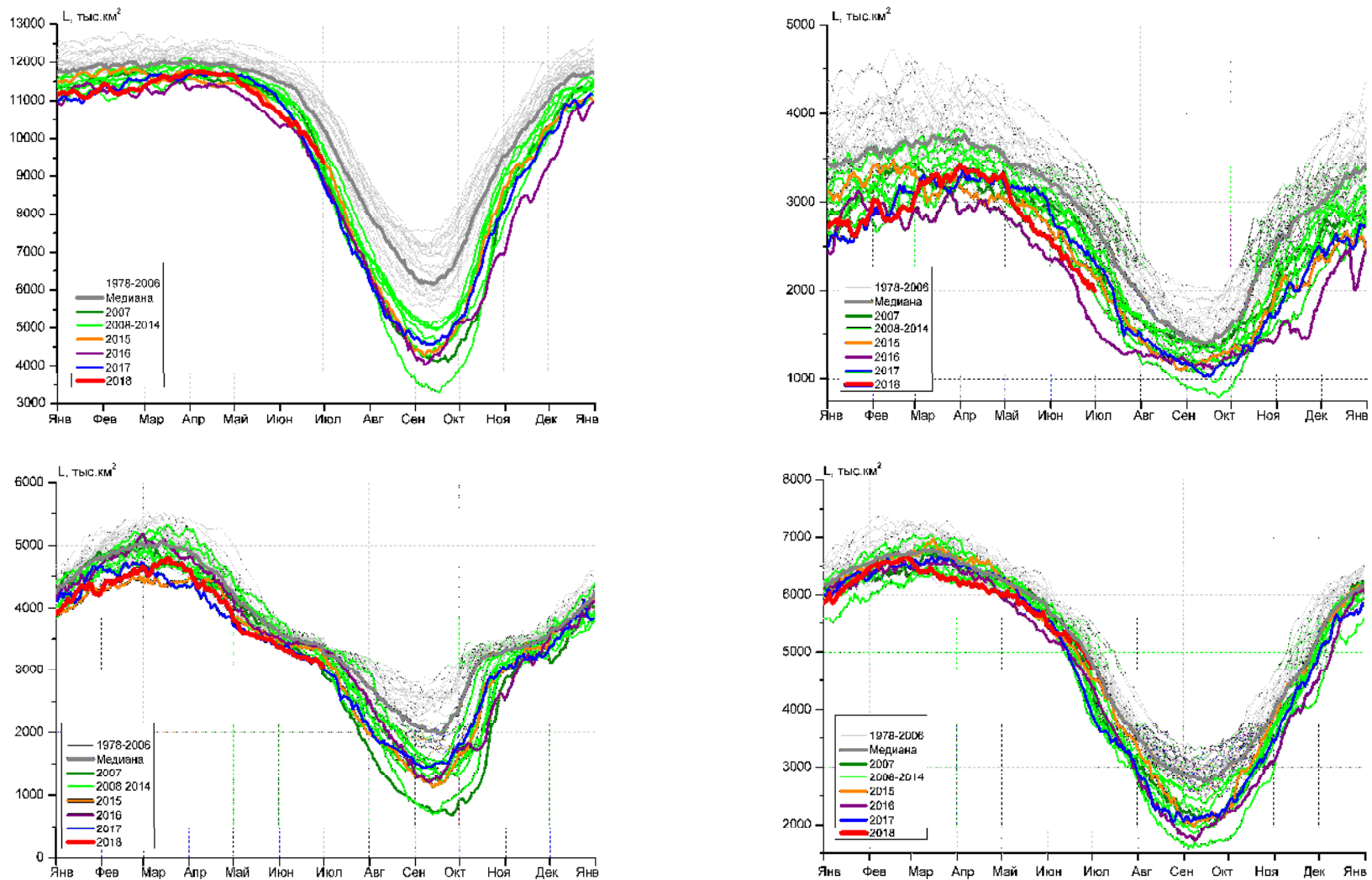


Рис. 2.11. Ежедневные оценки сезонного хода ледовитости

а) - для Северного Ледовитого океана и меридиональных секторов б) - 45°W-95°E (Гренландское – Карское моря), в) - 95°E-170°W (моря Лаптевых – Чукотское и Берингово, Охотское) и г) - 170°W-45°W (море Бофорта и Канадская Арктика) за период 26.10.1978 - 01.07.2018 по годам на основе расчетов по данным SSMR-SSM/I-SSMIS, алгоритм NASATEAM.



2.2. Ледово-гидрологические процессы в устьевых областях рек в весенний период

Обзор ледово-гидрологических условий на устьевых участках рек бассейнов морей Карского, Лаптевых и Восточно-Сибирского составлен на основе ежедневной информации, полученной на АСПД ААНИИ кодом КН-15 с постов и станций наблюдений стационарной сети Росгидромета и кодом КН-02 sea с полярных станций, расположенных на устьевых взморьях рек Обь и Енисей.

Карское море

Наибольшее нарастание толщины льда на устьевых участках рек бассейна Карского моря наблюдалось: на реках Таз и Енисей (п. Игарка) - в январе, на реке Енисей (п. Караул) - в январе и феврале, на реке Оби - в марте, на реке Енисей (п. Дудинка) - в апреле. В марте на реке Енисей (п. Игарка) нарастания не отмечалось. В апреле нарастание льда продолжалось на всех реках, кроме реки Оби.

В таблице 2.2 приведены данные о наблюдаемой толщине льда и интенсивности его нарастания по месяцам с января по апрель.

Таблица 2.2

Толщина льда и интенсивность его нарастания от месяца к месяцу в 2018 г. на устьевых участках рек бассейна Карского моря

Река-пункт	31 января		28 февраля		31 марта		30 апреля	
	Толщина льда, см	Нарастание за месяц, см	Толщина льда, см	Нарастание за месяц, см	Толщина льда, см	Нарастание за месяц, см	Толщина льда, см	Нарастание за месяц, см
Обь-Салехард	53	16	64	11	83	19	83	0
Таз-Тазовское	69	15	81	12	88	7	99	11
Енисей- Игарка	76	27	91	15	91	0	92	1
Енисей-Дудинка	78	21	89	11	105	16	141	36
Енисей - Караул	66	13	79	13	90	11	96	6

В таблице 2.3 приведены аномалии толщин льда на конец апреля, т. е. в период, близкий к максимальному нарастанию льда. На реках Обь, Таз и Енисей (п. Игарка и п. Караул) толщины льда оказались меньше среднемноголетних на 5-40 см. На реке Енисей (п. Дудинка) - больше среднемноголетних на 11 см.

Таблица 2.3

Толщины льда в апреле, см

Река	Пункт	Толщина льда на конец апреля, см		
		2018 г.	Средняя	Аномалия
Обь	Салехард	83	101	-18
Таз	Тазовское	99	134	-35
Енисей	Игарка	92	97	-5
	Дудинка	141	130	+11
	Караул	96	136	-40



Высота снега на льду в конце апреля наблюдалась: на р. Оби - 36-50 см, на р. Таз 51-70 см, на р. Енисей от 26-35 см до 51-70 см.

В таблице 2.4 приведены сроки начала весеннего ледохода и очищения ото льда, а также их аномалии по отношению к средним многолетним датам.

Таблица 2.4

Сроки вскрытия рек

Река	Пункт	Даты начала ледохода			Даты очищения ото льда		
		2018 г.	Средняя	Аномалия, сутки	2018 г.	Средняя	Аномалия, сутки
Обь	Салехард	4.06	24.05	+11	10.06	30.05	+11
Таз	Тазовское	13.06	10.06	+3	15.06	11.06	+4
Енисей	Игарка	31.05	27.05	+4	4.06	5.06	-1
	Дудинка	7.06	3.06	+4	14.06	11.06	+3
	Караул	11.06	8.06	+3	15.06	18.06	-3

Закраины появились на устьевых участках рек бассейна Карского моря: на реках Обь и Енисей – в третьей декаде мая, на реке Таз – в первой декаде июня. Подвижки льда наблюдались на устьевых участках р. Оби 30 мая, на реке Енисей - с 30 мая по 8 июня, на реке Таз - 12 июня. Затопы льда на устьевых участках рек Карского моря не отмечались.

Весенний ледоход на устьевых участках рек Обь, Таз и Енисей начался позже среднемноголетних дат на 3-11 дней.

Продолжительность весеннего ледохода составила: на реках Таз и Обь – 2-6 дней, на р. Енисей – от 4 до 7 дней.

Очищение ото льда устьевых участков рек Обь и Таз произошло позже средних многолетних сроков на 4-11 дней. Очищение на реке Енисей отмечено в сроки, близкие к среднемноголетним.

Процесс вскрытия *устьевых взморий* крупных рек, впадающих в Карское море, охарактеризован также на основе анализа данных наблюдений стационарной сети. На устьевом взморье р. Оби в настоящее время работает полярная станция Новый Порт, на устьевом взморье р. Енисей – полярная станция Сопочная Карга.

В таблице 2.5 приведены данные о наблюдаемой толщине льда и интенсивности его ежемесячного нарастания с января по апрель. Наибольшее нарастание толщины льда на устьевом взморье реки Енисей наблюдалось в январе, на устьевом участке реки Оби - в феврале.



Таблица 2.5

**Толщина льда и интенсивность его нарастания от месяца к месяцу в 2018 г. на
устьевых взморьях крупных рек бассейна Карского моря**

Устьевое взморье-пункт	31 января		28 февраля		31 марта		30 апреля	
	Толщина льда, см	Нарастание за месяц, см	Толщина льда, см	Нарастание за месяц, см	Толщина льда, см	Нарастание за месяц, см	Толщина льда, см	Нарастание за месяц, см
Обская губа–Новый Порт	73	27	101	28	118	17	130	12
Енисейский залив-Сопочная Карга	87	21	103	16	119	16	129	10

В таблице 2.6 приведены аномалии толщины льда на устьевом взморье на конец апреля, в период, близкий к максимальному нарастанию льда.

Таблица 2.6

Толщины льда в апреле, см

Устьевое взморье	Пункт	Толщина льда на конец апреля, см		
		2018 г.	Средняя	Аномалия
Обская губа	Новый Порт	130	141	-11
Енисейский залив	Сопочная Карга	129	165	-36

Толщина льда в конце апреля на устьевом взморье рек Обь и Енисей была меньше среднемноголетней на 11-36 см.

Высота снега на льду в конце апреля составила 18 см в п. Сопочная Карга и 45 см в п. Новый Порт.

В таблице 2.7 приведены сроки взлома припая и очищения ото льда, наблюдаемые на полярных станциях Новый Порт и Сопочная Карга.

Таблица 2.7

**Сроки вскрытия устьевых взморий рек бассейна Карского моря по данным
стационарной сети в 2018 г.**

Устьевое взморье	Пункт	Ледовая фаза	Дата		
			2018 г.	Средняя	Аномалия, сутки
Обская губа	Новый Порт	Взлом припая	20.06	18.06	+2
Обская губа	Новый Порт	Очищение ото льда	26.06	27.06	-1
Енисейский залив	Сопочная Карга	Взлом припая	17.06	20.06	-3
Енисейский залив	Сопочная Карга	Очищение ото льда	19.06	27.06	-8

Взлом припая устьевых взморий рек Обь и Енисей и очищение ото льда устьевых участков реки Оби произошли в сроки, близкие к среднемноголетним. Очищение устьевых участков реки Енисей отмечено на 8 дней раньше средних дат.

Продолжительность ледохода составила 2 дня в Енисейском заливе и 6 дней в Обской губе.

**Море Лаптевых**

Наибольшее нарастание толщины льда на устьевых участках рек Хатанга, Оленек, Лена (п. Кюсюр), Яна отмечено в январе, на реке Лена (п. Хабарово) – в феврале. В апреле повсеместно наблюдалось продолжение нарастания толщины льда, кроме п. Кюсюр, где толщина льда за апрель не изменилась. В п. Хатанга с середины марта было отмечено таяние. В таблице 2.8 приведены данные о наблюдаемой толщине льда и интенсивности его нарастания по месяцам с января по апрель.

Таблица 2.8

Толщина льда и интенсивность его нарастания от месяца к месяцу в 2018 г. на устьевых участках рек бассейна моря Лаптевых

Река-пункт	31 января		28 февраля		31 марта		30 апреля	
	Толщина льда, см	Нарастание за месяц, см	Толщина льда, см	Нарастание за месяц, см	Толщина льда, см	Нарастание за месяц, см	Толщина льда, см	Нарастание за месяц, см
Хатанга-Хатанга	127	48	145	18	151	6	140	-11
Оленек- Тюмети	79	19	90	11	102	12	108	6
Оленёк-Усть-Оленёк	174	41	193	19	199	6	203	4
Лена- Кюсюр	140	40	161	21	166	5	166	0
Лена-Хабарово	123	30	159	36	186	27	214	28
Яна- Юбилейная	84	24	106	22	128	22	147	19

В таблице 2.9 приведены аномалии толщины льда на конец апреля, когда толщина льда близка к максимальной.

Таблица 2.9

Толщины льда в апреле, см

Река	Пункт	Толщина льда на конец апреля, см		
		2018 г.	Средняя	Аномалия
Хатанга	Хатанга	140	151	-11
Оленёк	Тюмети	108	137	-29
	Усть-Оленёк	203	191	+12
Лена	Кюсюр	166	174	-8
	Хабарово	214	225	-11
Яна	Юбилейная	147	151	-4

Толщина льда в апреле повсеместно была меньше нормы от 4 см в устьевой части реки Яна до 29 см в устье реки Оленек (п. Тюмети). Исключение составил п. Усть-Оленек (река Оленек), где толщина льда превысила средние значения на 12 см.

Высота снега на льду в конце апреля в устьевой части реки Оленек составила от 16-20 см до 36-50 см, на реке Яна – 26-35 см, на реке Лена (п. Кюсюр) – 21-25 см, на реке Хатанга – 36-50 см. Данных по п. Хабарово (р. Лена) нет.

В таблице 2.10 приведены сроки вскрытия устьевых участков рек бассейна моря Лаптевых и их аномалии по отношению к средним многолетним значениям.



Таблица 2.10

Сроки вскрытия рек

Река	Пункт	Даты начала ледохода			Дата очищения ото льда		
		2018 г.	Средняя	Аномалия, сутки	2018 г.	Средняя	Аномалия, сутки
Хатанга	Хатанга	4.06	11.06	-7	7.06	16.06	-9
Оленёк	Тюмети	28.05	1.06	-4	6.06	12.06	-6
	Усть-Оленёк	7.06	16.06	-9	11.06	20.06	-9
Лена	Кюсюр	30.05	31.05	-1	9.06	9.06	0
	Хабарово	4.06	6.06	-2	10.06	13.06	-3
Яна	Юбилейная	29.05	29.05	0	4.06	5.06	-1

В 2018 г. на устьевых участках рек бассейна моря Лаптевых появление закраин было отмечено: на реке Хатанга, Лена и Оленек (п. Усть-Оленёк) - в третьей декаде мая. На реках Яна и Оленек (п. Тюмети) закраины не наблюдались. Подвижки отмечены на реке Хатанга и р. Лена (п. Кюсюр) - в третьей декаде мая, на реке Лена (п. Хабарово) - в первой декаде июня. На устьевых участках рек Оленек (п. Тюмети) и Хатанга процесс вскрытия сопровождался образованием заторов.

Весенний ледоход на реках Хатанга и Оленек начался раньше среднемноголетних сроков на 4-9 дней. На реках Лена и Яна – в сроки, близкие к среднемноголетним.

Продолжительность ледохода составила на реках: Хатанга – 3 дня, Оленек – 4-9 дней, Лена – 6-10 дней, Яна – 6 дней.

Очищение ото льда устьевых участков рек Хатанга и Оленек произошло на 6-9 дней раньше среднемноголетних значений. Реки Лена и Яна очистились в сроки, близкие к норме.

Восточно-Сибирское море

Максимальное нарастание льда в устьевой части Восточно-Сибирского моря на реках Индигирка и Колыма (п. Колымское) наблюдалось в январе. В п. Черский (р. Колыма) максимальное нарастание толщины отмечено в феврале. Нарастание льда продолжалось до конца апреля, кроме пункта Колымское, где в апреле отмечено таяние.

В таблице 2.11 приведены данные о наблюдаемой толщине льда и о его нарастании за месяц с января по апрель на устьевых участках рек бассейна Восточно-Сибирского моря.



Таблица 2.11

Толщина льда и интенсивность его нарастания от месяца к месяцу в 2018 г. на устьевых участках рек бассейна Восточно-Сибирского моря

Река-пункт	31 января		28 февраля		31 марта		30 апреля	
	Толщина льда, см	Нарастание за месяц, см	Толщина льда, см	Нарастание за месяц, см	Толщина льда, см	Нарастание за месяц, см	Толщина льда, см	Нарастание за месяц, см
Индигирка-Чокурдах	107	22	124	17	135	11	140	5
Колыма-Колымское	79	-	95	16	-	-	99	-
Колыма-Черский	69	14	84	15	88	4	100	12

В таблице 2.12 приведены толщины льда и их аномалии на конец апреля, в период, близкий к максимальной толщине льда.

Таблица 2.12

Толщины льда в апреле, см

Река	Пункт	Толщина льда на конец апреля, см		
		2018 г.	Средняя	Аномалия
Индигирка	Чокурдах	140	164	-24
Колыма	Колымское	99	140	-41
Колыма	Черский	100	141	-41

Толщины льда в конце апреля на устьевых участках рек Индигирка и Колыма наблюдались меньше нормы на 24-41 см.

Снег на льду в конце апреля в п. Колымское уже отсутствовал. В п. Черский высота снега на льду составила 26-35 см. По реке Индигирка данных нет.

В таблице 2.13 приведены сроки вскрытия устьевых участков рек Индигирки и Колымы бассейна Восточно-Сибирского моря.

Таблица 2.13

Сроки вскрытия рек

Река	Пункт	Даты начала ледохода			Дата очищения ото льда		
		2018 г.	Средняя	Аномалия, сутки	2018 г.	Средняя	Аномалия, сутки
Индигирка	Чокурдах	9.06	6.06	+3	11.06	9.06	+2
Колыма	Колымское	31.05	29.05	+2	6.06	4.06	+2
Колыма	Черский	3.06	2.06	+1	7.06	7.06	0

Закраины на устьевых участках рек бассейна Восточно-Сибирского моря были отмечены в третьей декаде мая. Подвижки на реке Колыма (п. Колымское) отмечены в третьей декаде мая, на реке Индигирка - в первой декаде июня. Заторы не наблюдались.

Продолжительность ледохода составила 2 дня в устьевой части реки Индигирки и 4-6 дней на р. Колыме. Весенний ледоход и очищение ото льда на реках Индигирка и Колыма начался в сроки, близкие к среднемуголетним.

3 Гидрологические и гидрохимические условия Северного Ледовитого океана и его морей в 2018 г.

3.1. Термохалинные условия

Анализ термохалинного состояния вод Северного Ледовитого океана (СЛО) во втором квартале 2018 г. выполнен на основании данных автономного дрейфующего комплекса ИТР (Ice-Tethered Profiler) № 108, оснащенного профилографом, обеспечивающим непрерывное поступление информации о термохалинной структуре верхнего 760-метрового слоя вод (таблица 3.1, рисунок 3.1).

Таблица 3.1

Сведения о наблюдениях за температурой и соленостью, выполненных на акватории СЛО во втором квартале 2018 г. и загруженных в БДТХ отдела океанологии ААНИИ

№ п/п	Экспедиция	Дата первой и последней станций	Число станций
1	ИТР 108	01.04.2018 30.06.2018	182

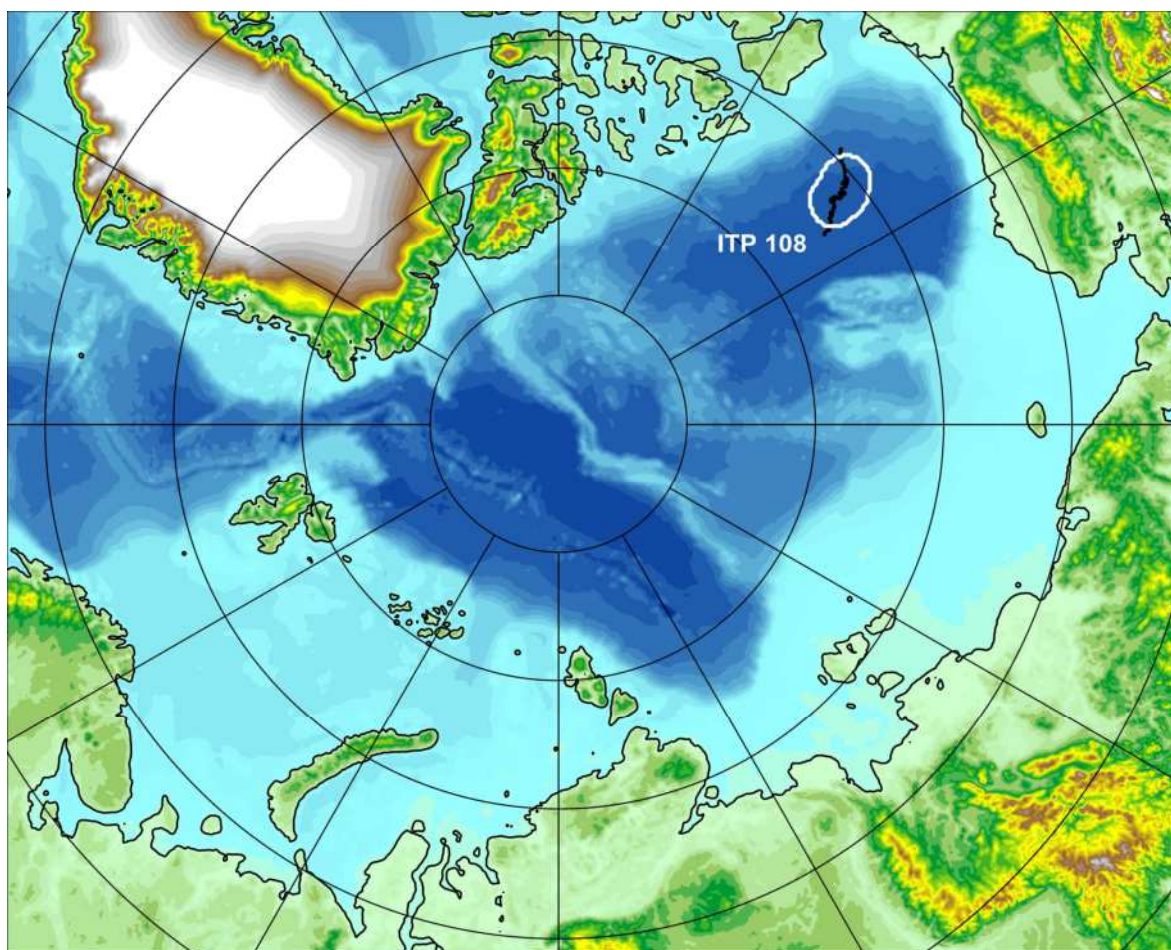


Рис. 3.1. Положение океанографических станций, выполненных на акватории СЛО во втором квартале 2018 г. и занесенных в БД термохалинных характеристик отдела океанологии ААНИИ



Особенности вертикальной термохалинной структуры СЛО

Для изучения особенностей термохалинной структуры СЛО во втором квартале 2018 г. был осуществлен анализ вертикального распределения значений температуры и солености в предварительно выделенной группе океанографических станций. В качестве таковой использовались данные ИТР 108 в Канадской глубоководной котловине (рисунок 3.1). В выделенной группе станций рассчитывались основные статистические характеристики (среднее, стандартное отклонение, минимальное и максимальное значения) вертикальных профилей температуры и солености. При дальнейшем анализе полученные статистические характеристики сравнивались с климатическими средними и их стандартными отклонениями, рассчитанными в период с 1900 по 2000 гг. для этого же района. Область поиска исторических данных (рисунок 3.1, белый контур) был на 50-100 км шире по сравнению с областью расположения океанографических станций, используемых для анализа в 2018 году.

Амеразийский суббассейн

Во втором квартале 2018 г. распределение термохалинных характеристик по глубине в центральной части Канадской глубоководной котловины по данным ИТР 108 соответствовало тенденциям, наблюдающимся на протяжении последних нескольких лет. Поверхностный слой по-прежнему демонстрирует существенное распреснение (28 ‰) в сравнении с климатической нормой (30,5 ‰). Значение отрицательной аномалии поверхностной солености составило -2,5 ‰ (рисунок 3.2). В аналогичный период 2017 г. аномалия поверхностной солености составила -2,1 ‰, в 2016 г. – -2,7 ‰. Температура верхнего перемешанного слоя варьировалась в пределах -1,5 °С и незначительно превышала климатическое среднее (-1,7 °С), вследствие повышения температуры замерзания воды из-за наличия распресненного слоя.

Под верхним перемешанным слоем глубже 45 м расположен слой летних тихоокеанских вод (ЛТВ), который является характерной особенностью Амеразийского суббассейна СЛО. Для этого слоя характерно наличие промежуточного максимума температуры воды в слое с соленостью от 31 до 33 ‰. Максимальное значение температуры слоя ЛТВ по данным ИТР 108 составило -0,39 °С, превышая климатическую норму на 0,88 °С. В 2017 г. аномалия температуры была больше и составила 1,2 °С.

Так же, как и в предыдущие периоды, отмечалось увеличение глубины залегания нижней границы ЛТВ, которая составила 180 м (110 м согласно климатическим данным).

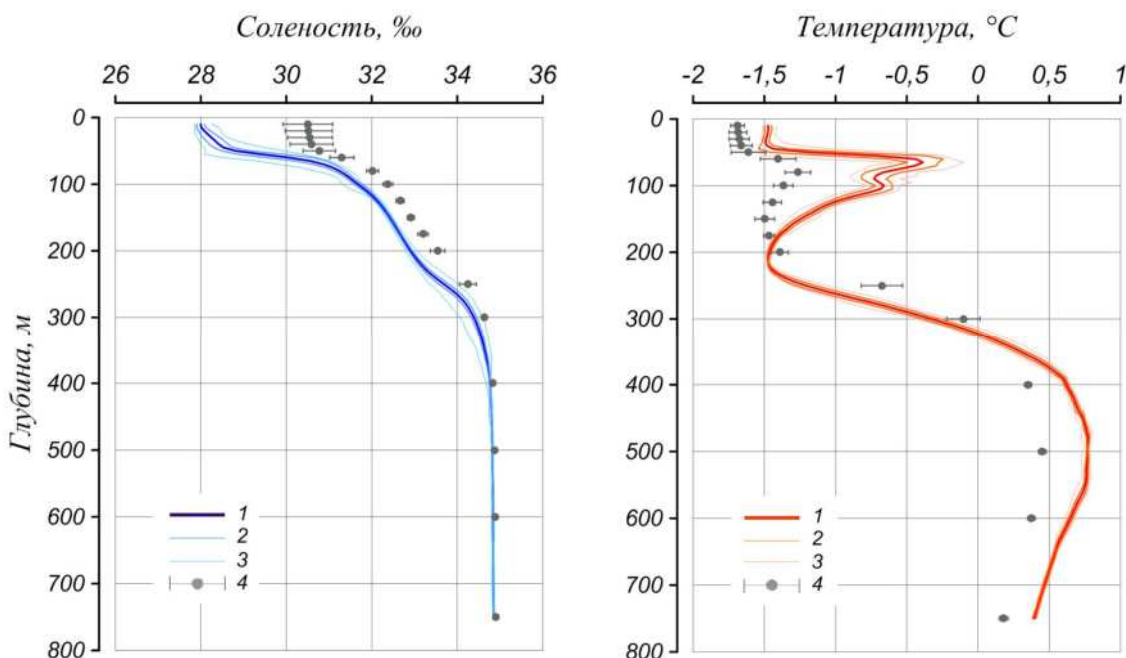


Рис. 3.2. Вертикальное распределение солености и температуры воды в Канадской глубоководной котловине в апреле-июне 2018 г. по результатам измерений профилографа ИТР 108

1 — профиль средних значений, 2 — область стандартного отклонения, 3 — минимальные и максимальные значения наблюдаемых характеристик, 4 — средние климатические значения и их стандартные отклонения, рассчитанные по историческим данным базы термохалинных характеристик СЛО отдела океанологии ААНИИ за январь-март в период с 1900 по 2000 гг.

На глубинах от 180 до 210 м в Канадской глубоководной котловине залегают так называемые зимние тихоокеанские воды, затекающие через Берингов пролив и смешивающиеся с водами Чукотского моря в холодный период. Эти воды в Арктическом бассейне характеризуются низкими значениями температуры и соленостью равной 33,1 ‰, наблюдаемой в ядре данной прослойки. Характерной особенностью последних лет является заглубление ядра зимних тихоокеанских вод. По данным ИТР 108 ядро холодных тихоокеанских вод залегало на глубине 200-210 м, в то время как по климатическим средним ядро наблюдалось на 150 м.

Глубже 210 м в Канадской глубоководной котловине наблюдается постепенное повышение температуры воды, обусловленное теплоотдачей атлантической водной массы (АВ). Верхняя граница слоя данной прослойки (0 °С) по данным второго квартала 2018 года располагалась на глубине 325 м (в 2017 г. – 295 м; в 2016 г. – 340 м). Максимальное значение температуры воды в ядре АВ составило 0,8 °С (480 м глубины), что на 0,3 °С выше климатической нормы. Полученные оценки аномалий температуры АВ в 2018 г. полностью соответствуют значениям предшествующего 2017 г., что свидетельствует об



отсутствии как положительного, так и отрицательного тренда температуры АВ в Амеразийском суббассейне СЛО.

Согласно результатам наблюдений, выполненных во втором квартале 2018 г., гидрологический режим СЛО (в районе Канадской глубоководной котловины) продолжает характеризоваться аномальным состоянием по отношению к климатическому среднему. Распределение поверхностной солености характеризуется наличием выраженной отрицательной аномалии (-2,5 ‰) в Амеразийском суббассейне. Сохраняется положительная аномалия температуры ядра атлантических вод (АВ), значение которой в Канадской глубоководной котловине составило +0,3 °С. Также как и АВ, летние тихоокеанские воды характеризуются повышенной температурой, превышающей климатическое среднее на 0,88 °С.

3.2 Уровень арктических морей

Характеристика особенностей колебаний уровня арктических морей за период с апреля по июнь 2018 года составлена по данным четырехсрочных наблюдений на 12-ти станциях, расположенных в морях Карском и Лаптевых (таблица 3.2). В Восточно-Сибирском и Чукотском морях наблюдения за уровнем моря не производились ни на одной из станций.

Таблица 3.2

Полярные станции, на которых осуществлялись наблюдения за колебаниями уровня в период апрель – июнь 2018 г.

Станция	Широта	Долгота
Карское море		
им. Е.К. Федорова (мыс Болванский Нос)	70 27 N	59 05 E
Амдерма	69 45 N	61 42 E
Усть-Кара	69 15 N	64 31 E
Новый Порт	67 41 N	72 53 E
Сопочная Карга	71 52 N	82 42 E
о. Диксон	73 30 N	80 24 E
Мыс Стерлегова	75 25 N	88 54 E
ГМО им. Е.К. Федорова (мыс Челюскина)	77 43 N	104 17 E
Море Лаптевых		
Анабар	73 13 N	113 30 E
м. Кигилях	73 20 N	139 52 E
пр. Санникова	74 40 N	138 54 E
о. Котельный	76 00 N	137 52 E

В юго-западной части Карского моря по данным станций им. Е.К. Фёдорова (м. Болванский Нос), Амдерма, Усть-Кара и в первой декаде апреля наблюдались пониженные значения уровня (-40 см), это показано на рисунке 3.3 и в таблице 3.3.

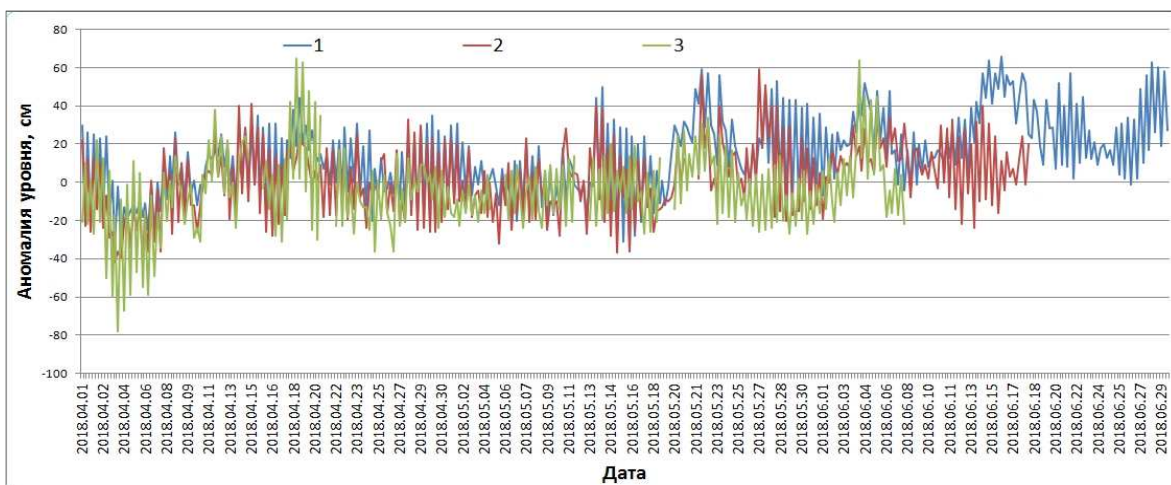


Рис. 3.3. Колебания уровня на станциях юго-западной части Карского моря в апреле – июне 2018 г.

(1 – Амдерма; 2 – им. Е.К. Федорова (м. Болванский Нос); 3 – Усть-Кара)

Таблица 3.3

Основные характеристики изменений колебаний уровня на станциях юго-западной части Карского моря в апреле – июне 2018 г.

Станция	Характеристика	Месяц		
		IV	V	VI
им. Е.К. Федорова (м. Болванский Нос)	h_{cp} (см)	-3	1	-
	σ_h (см)	20	20	-
	h_{min} (см)	-44	-37	-
	Дата	6	15	-
	h_{max} (см)	41	59	-
	Дата	15	27	-
Амдерма	h_{cp} (см)	5	10	26
	σ_h (см)	18	21	17
	h_{min} (см)	-33	-33	-7
	Дата	3	16	1
	h_{max} (см)	44	59	66
	Дата	19	22	16
Усть-Кара	h_{cp} (см)	-7	-5	-
	σ_h (см)	25	15	-
	h_{min} (см)	-78	-27	-
	Дата	4	17	-
	h_{max} (см)	65	34	-
	Дата	18	22	-

Примечание: h_{cp} – среднемесячный уровень; σ_h – среднеквадратическое отклонение уровня; h_{min} – минимальный уровень; h_{max} – максимальный уровень

В середине и конце апреля колебания уровня происходили около среднемноголетних значений. В целом на протяжении апреля – июня отмечался типичный для сезонных колебаний уровня подъем его среднемесячных значений. Максимальные значения уровня во втором квартале на станциях наблюдались в разное время: на станции им. Е.К. Федорова 27 мая (+59 см), на станции Амдерма 16 июня (+66 см), на станции Усть-Кара 18 апреля (+65 см). Наиболее значительное падение уровня было зафиксировано на станции Усть-Кара 4 апреля, когда уровень опустился на 78 см ниже среднемноголетнего значения.

На северо-востоке Карского моря (рисунок 3.4, таблица 3.4) на станциях Сопочная Карга, Мыс Стерлегова и ГМО им. Е.К. Федорова (мыс Челюскина) так же как и в юго-западной части Карского моря наблюдался сезонный подъем среднего уровня. На станции о. Диксон средний уровень в апреле и июне был отрицательным, соответственно –17 см и –26 см, а в мае он поднялся до средних значений (+1 см). Максимальные значения уровня на станциях северо-восточной части Карского моря, так же как и в юго-западной наблюдались в разное время: на станции о. Диксон 23 мая (+ 46 см), на станции Мыс Стерлегова 9 апреля (+64 см), на станции ГМО им. Е.К. Федорова 25 мая (+53 см). На станции Сопочная Карга максимальный уровень наблюдался 16 июня (+95 см) и был обусловлен прохождением весеннего паводка. Наиболее значительное понижение уровня было отмечено на станции о. Диксон, где 26–28 июня уровень опустился на 71 см ниже среднемноголетнего значения.

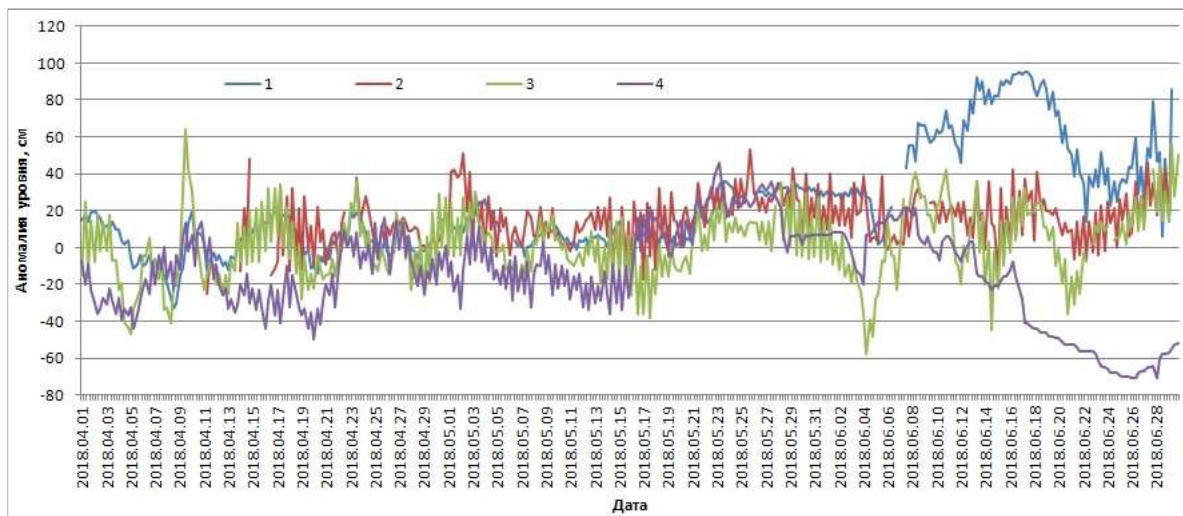


Рис. 3.4. Колебания уровня на станциях северо-восточной части Карского моря в апреле – июне 2018 г.

(1 – Сопочная Карга; 2 – ГМО им. Е.К. Федорова (м. Челюскина); 3 – Мыс Стерлегова; 4 – о. Диксон)



Таблица 3.4

Основные характеристики изменений колебаний уровня на станциях северо-восточной части Карского моря и Обской губы в апреле – июне 2018 г.

Станция	Хар-ки	Месяц		
		IV	V	VI
Новый порт (Обская губа)	h_{cp} (см)	34	33	54
	σ_h (см)	10	8	15
	h_{min} (см)	1	8	26
	Дата	28	2	5
	h_{max} (см)	46	48	90
	Дата	4	31	14
о. Диксон	h_{cp} (см)	-17	1	-26
	σ_h (см)	16	20	31
	h_{min} (см)	-50	-36	-71
	Дата	20	14	26,28
	h_{max} (см)	16	46	21
	Дата	25	23	7,8
Сопочная Карга	h_{cp} (см)	3	15	54
	σ_h (см)	11	12	26
	h_{min} (см)	-33	-5	2
	Дата	8	7	5
	h_{max} (см)	22	36	95
	Дата	17	23	16
м. Стерлегова	h_{cp} (см)	-3	2	6
	σ_h (см)	19	15	22
	h_{min} (см)	-47	-38	-58
	Дата	5	17	4
	h_{max} (см)	64	36	56
	Дата	9	29	29
ГМО им. Е.К. Федорова (м. Челюскина)	h_{cp} (см)	-	17	17
	σ_h (см)	-	14	13
	h_{min} (см)	-	-20	-15
	Дата	-	16	15
	h_{max} (см)	-	53	47
	Дата	-	25	29

На станции Новый Порт (Обская губа) (таблица 3.4, рисунок 3.5) колебания уровня в значительной степени определялись сезонными процессами, характерными для устьевых областей крупных рек. В июне средний уровень существенно повысился (от +33 до +54 см), а максимальное значение уровня отмечалось 26 июня (+90 см), что также, как и на станции Сопочная Карга, было связано с прохождением весеннего половодья.

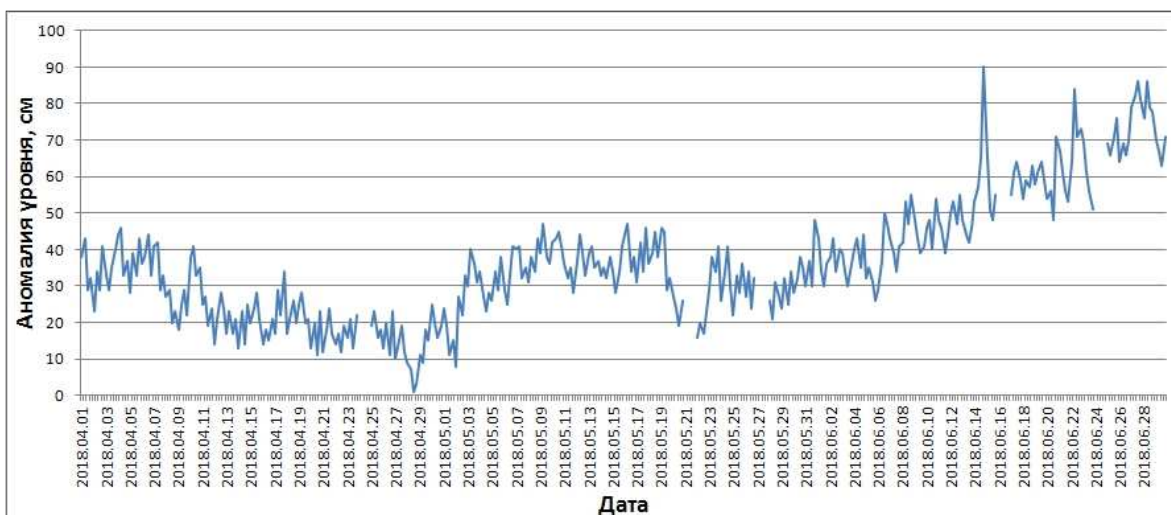


Рис. 3.5. Колебания уровня на станции в Обской губе Карского моря (Новый Порт) в апреле – июне 2018 г.

В юго-западной части моря Лаптевых по данным станции Анабар (таблица 3.5, рисунок 3.6) от апреля к июню отмечалось повышение среднего уровня от +18 см до +36 см, при этом после прохождения волны весеннего половодья, пик которого пришелся на первую декаду июня, произошло резкое понижение уровня до отрицательных отметок. Максимальный уровень отмечался 10 июня (+126 см), а минимальные значения наблюдались 27 июня (-54 см).

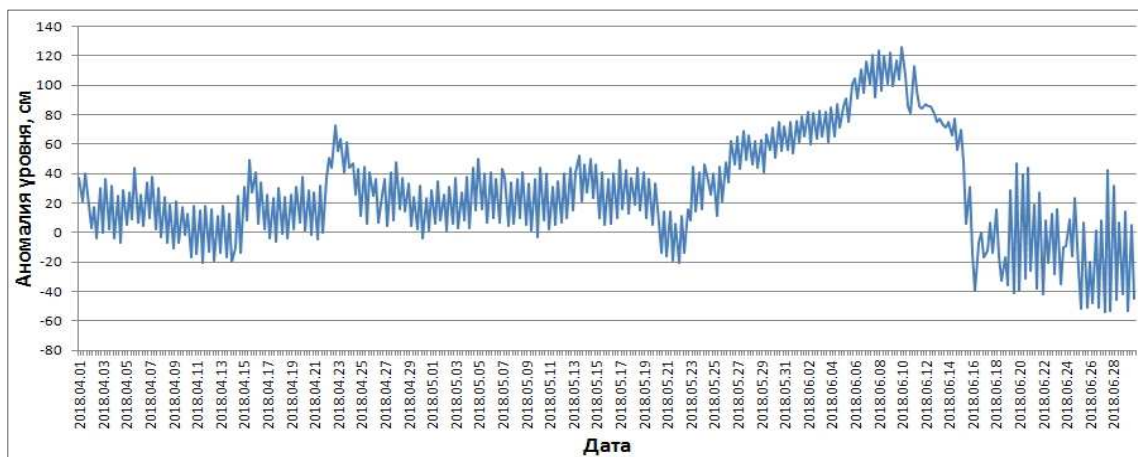


Рис. 3.6. Колебания уровня в юго-западной части моря Лаптевых (Анабар) в апреле – июне 2018 г.

Таблица 3.5

**Основные характеристики изменений колебаний уровня на станциях моря
Лаптевых в апреле – июне 2018 г.**

Станция	Характеристики	Месяц		
		IV	V	VI
Анабар	h_{cp} (см)	18	29	38
	σ_h (см)	20	22	55
	h_{min} (см)	-21	-21	-54
	Дата	11	22	27
	h_{max} (см)	73	75	126
	Дата	22	30	10
м. Кигилях	h_{cp} (см)	11	18	12
	σ_h (см)	7	6	10
	h_{min} (см)	-9	0	-9
	Дата	28	31	25
	h_{max} (см)	26	40	36
	Дата	1	3	15
пр. Санникова	h_{cp} (см)	0	12	15
	σ_h (см)	10	10	11
	h_{min} (см)	-23	-11	-9
	Дата	7	29	28
	h_{max} (см)	24	38	43
	Дата	26	5	15
о. Котельный	h_{cp} (см)	3	-4	7
	σ_h (см)	19	20	19
	h_{min} (см)	-40	-50	-34
	Дата	5	17	17
	h_{max} (см)	50	50	52
	Дата	19	3	30

На востоке моря Лаптевых по данным станций м. Кигилях, пр. Санникова и о. Котельный (таблица 3.5, рисунок 3.7) также отмечался сезонный рост уровня от апреля к июню: если в апреле на станции м. Кигилях средний уровень составлял +11 см, то в июне его значение достигло +22 см. Существенных подъемов и падений уровня на этих станциях зафиксировано не было. Максимальный уровень во втором квартале 2018 года достигал 40–50 см, а наиболее значительное понижение уровня отмечалось на станции о. Котельный, где уровень опустился 17 мая на 50 см ниже среднего значения.

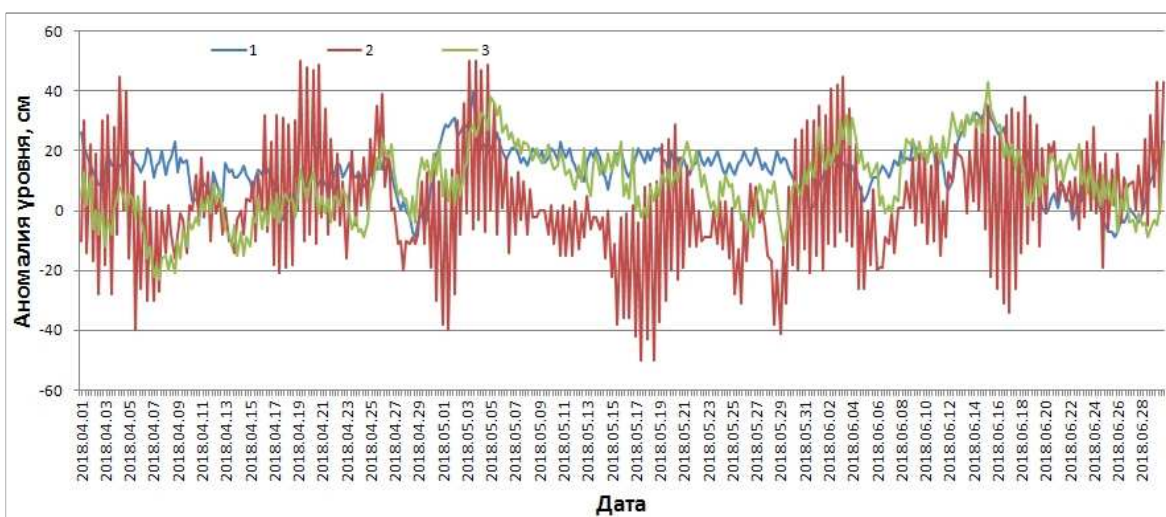


Рис. 3.7. Колебания уровня на станциях восточной части моря Лаптевых в апреле – июне 2018 г.

(1 – м. Кигилях; 2 – о. Котельный; 3 – пр. Санникова)

Наблюдений за колебаниями уровня на станциях, расположенных в Восточно-Сибирском и Чукотском морях во втором квартале 2018 г. не производилось, в связи с чем, дать какую-либо оценку особенностей колебаний уровня этого моря не представляется возможным.

3.3 Ветровое волнение на акватории арктических морей во 2 квартале 2018 г.

По результатам модельных расчетов была выполнена оценка повторяемости максимумов значительных высот волн (H_s – significant wave height, обеспеченность 13 %) в арктических морях России с апреля по июнь 2018 г. Расчеты и прогнозы ветрового волнения осуществлялись по авторской технологии, основанной на спектрально-параметрической модели (СПМ) ветрового волнения ААНИИ (AARI-PD2). В 2010 году данная технология была представлена на ЦМКП и решением комиссии рекомендована к использованию в ААНИИ для выполнения оперативных прогнозов на акватории морей Российской Арктики. Положение кромки льда при расчетах задавалось по ежедневным спутниковым многоканальным микроволновым данным (SSM/I) и уточнялось по данным реанализа сплоченности льда ААНИИ.

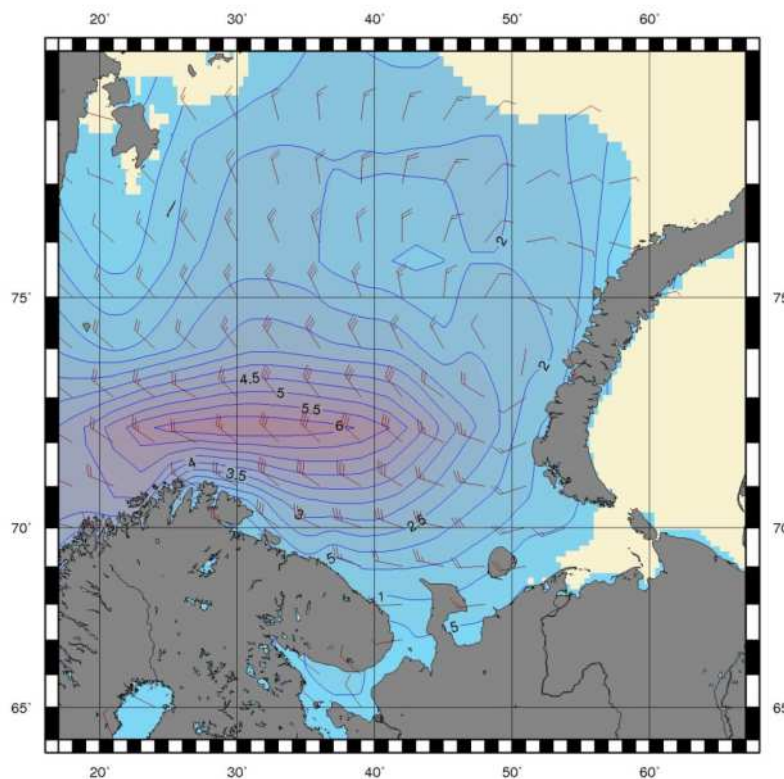
Сведения о распределении высот волн H_s для Баренцева моря приведены в таблице 3.6.

Таблица 3.6

Повторяемость (число дней) различных градаций высоты волн (H_s) в Баренцевом море во втором квартале 2018 г.

Месяц	Высота волн, м						
	0–1	1–2	2–3	3–4	4–5	5–6	6–7
Апрель	–	4	11	12	2	1	–
Май	–	3	11	8	7	–	2
Июнь	–	3	13	8	2	4	–
Итого		10	35	28	11	5	2

Как видно из таблицы 3.6, во втором квартале 2018 г. на акватории Баренцева моря в большинстве случаев развивалось волнение в диапазоне высот от 2 до 3 м. Наиболее штормовым месяцем стал май, в котором максимальная расчетная высота волн на акватории Баренцева моря дважды превысила 6 м (26 мая на 18 ч UTC и 29 мая в 00 ч UTC). На рисунке 3.8, в качестве примера, приведено поле ветра и высот волн H_s на акватории Баренцева моря на 18 ч UTC 26 мая 2018 г.

**Рисунок 3.8 Поле ветра и высоты волн (H_s , м) в Баренцевом море на 18 ч UTC 26 мая 2018 г.**

Карское море стало открываться в конце июня, что на месяц позже по сравнению с 2017 годом. Расчетная высота волны на чистой воде в июне в основном была до 1 м, максимальная высота не превышала 1,5 м (29 июня 00 ч).



В таблице 3.6 приведены сведения о распределении высот волн H_s на чистой воде для Карского моря во втором квартале 2018 г.

Таблица 3.6

Повторяемость (число дней) различных градаций высот волн (H_s) в Карском море во втором квартале 2018 г.

Месяц	Высота волн, м	
	0–1	1–2
Июнь (с 20 июня)	10	1
Итого	10	1

Море Лаптевых стало открываться в конце мая – начале июня. В конце мая к северу от зоны припая образовалась область чистой воды, которая постепенно расширялась и к концу июня заняла почти всю южную часть моря от 74° до $76-78^\circ$ с.ш. Расчетная высота волны на чистой воде в основном была до 2 м, максимальная высота не превышала 2,5 м (25 июня на 00 и 06 ч).

В таблице 3.4.3 приведены сведения о распределении высот волн H_s на чистой воде для моря Лаптевых во втором квартале 2018 г.

Таблица 3.7

Повторяемость (число дней) различных градаций высот волн (H_s) в море Лаптевых во втором квартале 2018 г.

Месяц	Высота волн, м		
	0–1	1–2	2–3
Июнь	7	21	2
Итого	7	21	2

Восточно-Сибирское во втором квартале 2018 г. было покрыто льдом и лишь в конце июня незначительно открылось вдоль южного побережья.

Чукотское море стало открываться в начале мая. К концу июня область чистой воды доходила до 72° с.ш. Высота волны в основном была от 1 до 2 м, максимальная высота не превышала 2,5 м, что ниже, чем во втором квартале 2017 г. В таблице 3.8 приведены сведения о распределении высот волн H_s на чистой воде для Чукотского моря.

Таблица 3.8

Повторяемость (число дней) различных градаций высот волн (H_s) в Чукотском море во втором квартале 2018 г.

Месяц	Высота волн, м		
	0–1	1–2	2–3
Май	16	10	5
Июнь	3	18	9
Итого	19	28	14